

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO INGENIERIA CIVIL



**“DISEÑO DE FUNDACIONES PARA CARRO
TRASPASO DE ACERO”**

Proyecto de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el
Título de Ingeniero Civil

VICTOR BUSTOS MELLADO

Prof. Guía: Alexander Opazo

Concepción, Julio del 2004

Agradecimientos

A Dios por la vida

A mi esposa e hijas por su amor, cariño y permanente apoyo en la concreción de esta nueva meta.

A la Compañía Siderúrgica Huachipato por su compromiso con el perfeccionamiento continuo de su personal.

A los Ingenieros Cristian Marín, Heriberto Sepúlveda por su apoyo incondicional durante la elaboración de este proyecto de título.

A los docentes que participaron en la formación académica y personal.

**UNIVERSIDAD DEL BÍO BÍO – FACULTAD DE INGENIERÍA
RESUMEN DE PROYECTO DE TÍTULO**

Escuela de Ingeniería Civil			
Título		Diseño de Fundaciones para Carro Traspaso de Acero	
Nombre Memorista		Víctor Omar Bustos Mellado	
Modalidad		Profesor Patrocinante	
Concepto		Alexander Opazo	
Calificación		Carmen Gonzáles	
Fecha	29-07-2004	Ingeniero Supervisor	Institución
		Cristian Marin	Huachipato
Comisión (Nombre y Firma)			
Alexander Opazo	Carmen Gonzáles	Cristian Marín	
Resumen			
<p>Este proyecto de título trata del diseño de una vía férrea para un carro de traspaso de acero líquido desde la Acería Conox a la Colada Continua de Palanquillas y Planchones de la Compañía Siderúrgica Huachipato, Inicialmente se analizará el coeficiente de balastos de los distintos tipos de suelos propuestos y su influencia en los momentos flectores, esfuerzo de corte y hundimiento en el diseño de una viga infinita en un lecho elástico. Además se cuantificará cómo estos efectos repercuten en los costos involucrados al momento de materializar dicho elemento estructural, para posteriormente proponer una alternativa de diseño y una evaluación técnico económica satisfactoria en la concreción de un proyecto de esta naturaleza.</p>			
Palabras Claves			

INDICE

<u>Capítulo 1</u>		<u>1</u>
1.	INTRODUCCION	1—1
1.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1—3
1.2.	JUSTIFICACION	1—12
1.2.1.	OBJETIVOS	1—14
<u>Capítulo 2</u>		<u>2</u>
2.	VÍAS FÉRREAS	2—1
2.1.	DEFINICIÓN	2—1
2.2.	CLASIFICACIÓN	2—1
2.3.	PERALTE	2—3
2.4.	SUPERESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA	2—6
2.5.	RIEL	2—6
2.6.	DURMIENTES	2—17
2.7.	BALASTO	2—26
2.8.	PLATAFORMA	2—31
2.9.	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA FERROVIARIO DE LA COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO	2—35
2.10.	VEHÍCULO TRACTIVO (LOCOMOTORA)	2—36
<u>Capítulo 3</u>		<u>3</u>
3.	RESISTENCIA AL MOVIMIENTO	3—1
3.1.	INTRODUCCIÓN	3—1
3.2.	LOS ESFUERZOS RESISTENTES	3—1
3.3.	RESISTENCIA EN RECTA Y HORIZONTAL	3—1
3.3.1.	FÓRMULAS DE J. DAVIS	3—4
3.3.2.	FÓRMULAS DE LA SOCIEDAD NACIONAL DE CAMINOS DE FIERRO DE FRANCIA (SNCF)	3—5
3.3.3.	FORMULAS DE K. SACHS & F. GERBER	3—7
3.4.	RESISTENCIAS LOCALES	3—8
3.4.1.	RESISTENCIA POR GRADIENTE	3—9

3.4.2.	RESISTENCIA POR CURVATURA	3—11
3.4.3.	RESISTENCIA COMBINADA	3—12
3.5.	RESISTENCIA DE INERCIA	3—12
3.6.	MATERIAL MOTOR	3—14
3.6.1.	GENERALIDADES	3—14
3.7.	ESFUERZO DE TRACCIÓN	3—15
3.7.1.	NOCIONES DE ADHERENCIA	3—23
3.7.2.	DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS CURVAS DE ADHERENCIA	3—18
3.7.3.	VALORES DEL COEFICIENTE DE ADHERENCIA	3—23
3.7.4.	NOCIONES DE POTENCIA DE UNA LOCOMOTORA	3—24
3.7.5.	DIAGRAMAS	3—26
3.8.	POTENCIAS EN LA LOCOMOTORA	3—29
3.8.1.	POTENCIA DE ADHERENCIA	3—30
3.8.2.	POTENCIA EN LLANTA	3—31
3.8.3.	POTENCIA DE RESISTENCIA	3—31
3.8.4.	POTENCIA EN EL GANCHO	3—32
3.9.	ESFUERZO TRACTIVO NETO ETN	3—32
3.10.	CAPACIDAD DE ARRASTRE	3—33

Capítulo 4 **4**

4.	TEORÍA DEL DESCARRILAMIENTO	4—1
4.1.	GENERALIDADES	4—1
4.2.	TEORÍA DEL DESCARRILAMIENTO - FORMULAS DE NADAL Y LAFFITE	4—2
4.2.1.	EL MATERIAL MÓVIL CLÁSICO EN MARCHA	4—3

Capítulo 5 **5**

5.	EVALUACIÓN DE ESFUERZOS Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS	5—1
5.1.	ESFUERZOS QUE ACTÚAN SOBRE LA VÍA	5—1
5.1.1.	ESFUERZOS TRANSVERSALES	5—2
5.1.2.	ESFUERZOS LONGITUDINALES	5—3
5.1.3.	ESFUERZOS VERTICALES	5—4
5.2.	MÉTODO DE WINKLER	5—6

5.3.	MÉTODO DE ZIMMERMANN	5—11
5.3.1.	TEORÍA GENERAL	5—12
5.3.2.	COMENTARIOS DE γ	5—18
5.3.3.	DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE K_e SEGÚN OTROS AUTORES	5—21
5.3.4.	RESISTENCIA DEL RIEL A LAS CARGAS ESTÁTICAS.	5—21
5.3.5.	CONCLUSIONES QUE SE DERIVAN DEL CÁLCULO EXACTO DE LOS RIELES	5—23
5.4.	MÉTODO DEL APOYO ELÁSTICO CONTINUO	5—27
5.4.1.	TEORÍA Y DIAGRAMAS.	5—27
5.4.1.1.	VIGA DE FUNDACIÓN DE LONGITUD INFINITA	5—34
5.4.1.2.	VIGA DE LONGITUD FINITA	5—42
5.4.1.3.	ANALOGÍA CON TEORÍA AMERICANA EN VÍAS FERREAS	5—49
5.4.2.	INFLUENCIA DE LAS JUNTAS	5—52
5.5.	HIPÓTESIS DE TALBOT	5—55
5.6.	HIPÓTESIS DE TIMOSHENKO	5—58
5.7.	HIPÓTESIS DE TIMOSHENKO – SÉLLER - HANKER	5—60
5.8.	ESFUERZOS VERTICALES SOBRE EL DURMIENTE	5—61
5.8.1.	COEFICIENTE DE IMPACTO	5—62
5.9.	TENSIÓN EN EL DURMIENTE	5—64
5.10.	INFLUENCIA DE LA LONGITUD DE LOS DURMIENTES	5—66
5.11.	TENSIÓN INTERNA RESIDUAL	5—67
5.12.	TENSIÓN POR TEMPERATURA	5—68
5.13.	DIMENSIONAMIENTO DEL RIEL	5—70
5.14.	DIMENSIONAMIENTO DE LOS DURMIENTES	5—72

Capítulo 6**6**

6.	RIGIDEZ DE LA VÍA FÉRREA	6—1
6.1.	GENERALIDADES	6—1
6.2.	FACTORES DE INFLUENCIA	6—11
6.3.	DEPENDENCIA ENTRE LA RIGIDEZ DE LA LÍNEA FÉRREA Y LA RIGIDEZ DEL SISTEMA DE LA VÍA FÉRREA	6—13
6.4.	INFLUENCIA DEL ESPESOR DE BALASTO Y LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA PLATAFORMA EN LA RIGIDEZ VERTICAL DE LA VÍA FÉRREA	6—18
6.5.	RIGIDEZ VERTICAL DE LA VÍA Y SU RELACIÓN CON LA RIGIDEZ SOBRE LA CAPA DE BALASTO	6—19

Capítulo 7	7
7.	APLICACIÓN _____ 7—1
7.1.	INTRODUCCIÓN _____ 7—1
7.2.	SUELO DE FUNDACIÓN _____ 7—2
7.3.	INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS EN LOS MOMENTOS FLECTORES, CORTE Y HUNDIMIENTO _____ 7—4
7.3.1.	PROPOSICIÓN DEL MODELO _____ 7—4
7.3.2.	ECUACIONES CONSTITUYENTES DEL MODELO _____ 7—4
7.3.3.	DISEÑO DE FUNDACIÓN _____ 7—5
7.3.4.	PROPOSICIÓN GEOMÉTRICA _____ 7—8
7.4.	BASES DEL DISEÑO _____ 7—8
7.4.1.	MATERIALES _____ 7—8
7.5.	ANÁLISIS _____ 7—9
7.5.1.	VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS _____ 7—9
7.5.2.	VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA _____ 7—12
7.5.3.	EVALUACION DEL COSTO DE LAS ARMADURAS POR EFECTO DE UNA VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS _____ 7—15
7.6.	COMENTARIOS _____ 7—16
7.7.	DISEÑO _____ 7—19
7.7.1.	TIPO DE SUELO _____ 7—19
7.7.2.	EVALUACION DE LOS ESFUERZOS ACTUANTES _____ 7—20
7.7.3.	VÍA FERREA _____ 7—20
7.7.4.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO _____ 7—21
7.7.5.	DESCRIPCIÓN _____ 7—22
7.7.6.	CARRO DE TRASPASO _____ 7—23
7.7.7.	RUEDA _____ 7—25
7.7.8.	RIEL _____ 7—26
7.7.9.	DISEÑO VIGA FUNDACIÓN _____ 7—27
7.7.9.1.	VIGA DE FUNDACIÓN EN SUELO EXISTENTE Y CARRO CON CUCHARA LLENA _____ 7—27
7.7.9.2.	VIGA DE FUNDACIÓN EN CON SUELO MEJORADO Y CARRO CON CUCHARA LLENA _____ 7—35
7.8.	CUBICACIONES _____ 7—43
7.9.	EVALUACIÓN ECOMOMICA _____ 7—45
7.9.1.	PRESUPUESTO FUNDACIONES CON SUELO EXISTENTE _____ 7—45
7.9.2.	PRESUPUESTO FUNDACIONES CON SUELO MEJORADO _____ 7—46

Indice

vii

7.9.3.	PRESUPUESTO LOSA DE FUNDACIÓN CON DISEÑO EXISTENTE _____	7—47
7.9.4	ANALISIS COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS DE FUNDACION _____	7—49
7.10.	CONCLUSIONES. _____	7—50

Anexos

A-1	ANEXOS. _____	A—(1-20)
A-2	ANEXOS. _____	B—(1-20)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	R—(1- 2)
----------------------------------	----------

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de la Historia, el ferrocarril a tenido una importancia preponderante para el desarrollo de las naciones, es así como en 1851 es inaugurado el primer ferrocarril de Copiapó a Caldera, cuya construcción se inicio un año antes en 1850, siendo el precursor de esta idea el señor William Wheelwright. El objetivo de este ferrocarril era servir al transporte principalmente de los minerales extraídos desde la rica zona minera del interior de Copiapó, hasta Puerto Viejo en Caldera.

Al igual que en esos tiempos, cuando la Compañía Siderúrgica Huachipato inicia su construcción en el año 1945, en ese entonces conocida como Compañía Acero del Pacifico CAP, para su construcción y posterior operación, requería de un ferrocarril que trasladara internamente el producto entre los distintos departamentos de producción, pues por el gran tonelaje resultaba ineficiente transportarlo por otro medio. Así también se requería trasladar el producto ya manufacturado al exterior de la planta para su distribución y venta, ocupando este mismo sistema de transporte.

Por lo anterior, hoy día la Compañía Siderúrgica Huachipato posee un parque ferroviario diverso, para cubrir las distintas necesidades de la empresa. Este consiste en locomotoras, carros de carga, carros torpedos, carros de traspaso, grúas, y maquinaria de operación que funciona bajo el mismo principio.

Por la naturaleza dinámica de la producción y los mercados cada vez más exigentes en cuanto al cumplimiento de los pedidos de productos, la Planta Huachipato no puede parar su producción por un número de horas muy prolongado. Es por ello que cuando se requiere

realizar la mantención o reparación de algún equipo dañado, que requiera de un tiempo más prolongado para la atención de la falla, es necesario proyectar soluciones alternativas, que permitan dejar fuera de servicio los equipos e iniciar las actividades, usando tiempos mas prolongados en la ejecución de estos trabajos sin alterar significativamente el proceso productivo.

La Memoria que a continuación se presenta, trata el diseño de una nueva Vía Férrea para el Carro de Traspaso de Acero Líquido desde la Acería Conox a las Coladas Continuas de Planchones y Palanquillas, ya que la actual vía, como se verá mas adelante, presenta una falla estructural importante, que hace necesario su reparación en el mas breve plazo posible, debido a que este es el único medio de transporte entre ambos edificios de producción, y puesto que una detención provocaría parar la planta por un tiempo extremadamente largo, con la consiguiente disminución de la producción, comparativamente muy superior en costos respecto de crear una línea alternativa a la ya existente.

Para tal diseño se requiere definir todos los aspectos relacionados con la operación de este equipo, como también los esfuerzos externos e internos a los que será sometida esta vía, al igual que la interrelación de la superestructura con el suelo, la determinación del coeficiente de balastos para los posibles suelos que pudiesen soportar estas cargas, para finalmente llegar a una proposición que satisfaga, desde el punto de vista estructural y de los costos involucrados, el desarrollo este proyecto.

Para abordar el problema se necesita definir todos aquellos aspectos que se relacionan con el proyecto tales como:

Definir vía férrea, de modo de entender los aspectos externos e internos que estarán presentes en la operación y que afectaran de modo directo la vida útil de esta misma.

Estudio de la capacidad de los equipos de tracción, que supone el conocimiento de las nociones básicas referentes a sus condiciones de utilización y a las condiciones de trazado de estos equipos. Dichas condiciones pueden estudiarse a través del análisis de distintos aspectos, tal como los esfuerzos resistentes debido al movimiento en función a una velocidad dada.

En la medida que han evolucionado los trenes, se ha tratado de incrementar las velocidades de tránsito de los mismos, intentando al mismo tiempo reducir el peso muerto de las locomotoras y carros. Pero ocurre que a medida que se reduce el peso y se aumenta la velocidad, disminuye la estabilidad de marcha y la seguridad contra el descarrilamiento en el sistema de guiado con rieles convencionales, situación de menor importancia para los efectos de este proyecto, pero que cabe mencionar para conocimiento general.

Teóricamente, la vía debería soportar esfuerzos procedentes del peso de los vehículos y fuerzas centrífugas ejercidas por estos en las curvas. La acción de estos esfuerzos es adicionada por ciertos otros esfuerzos de carácter anormal, que proceden de las características constructivas de la vía y de los vehículos que circulan sobre ella. Así veremos los esfuerzos laterales producidos por un movimiento transversal debido a la diferencia entre el ancho normal de la vía y el ancho que separa las superficies exteriores de las pestañas de la rueda. Esto al igual que lo anterior se mencionará en términos generales debido a que la vía que se proyectará será lineal sin curvas ni sinuosidades que generen esfuerzos como los que se mencionan en éste capítulo.

También se estudiarán los esfuerzos a los que estará sometida la vía, los que serán verticales y horizontales. Los primeros serán producidos por el carro que circula por la vía, en tanto los esfuerzos horizontales pueden ser longitudinales, como los producidos por la

temperatura, o transversales, producidos por el movimiento de serpenteo del carro en la vía, que provoca el choque de la pestaña de las ruedas del tren contra la cabeza del riel.

El aspecto mas relevante a desarrollar en el presente trabajo es lo relacionado con la rigidez de la vía, la cual esta íntimamente relacionada con el dimensionamiento de los elementos de la infraestructura, en especial del balasto y que viene asociada a una resistencia a la deformación vertical que experimentará la vía, denominada Coeficiente de Balasto.

Para el cálculo matemático se considera la relación entre acciones y desplazamientos ocurrentes físicamente en cada tramo, procedimiento bastante largo, Sin embargo, para facilitar el cálculo, las acciones de las ruedas serán definidas como fuerzas, de manera que serán tomadas como cargas puntuales que producirán un desplazamiento .

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La vía del carro de traspaso de acero líquido existente, que va desde la Acería Conox a las Coladas Continua de Planchones y Palanquillas, está constituida por un cajón de hormigón armado con vigas longitudinales y transversales IE 350 x 350 x 8 x 20 mm embebidas en la estructura de hormigón, como se muestra en la Figura 1.1, 1.2 y 1.3.

Las vigas de acero longitudinales después de tres años de uso presentaron un descenso de aproximadamente 20 mm en los sectores más dañados, detectado en chequeo topográfico en el que se inspecciona la nivelación y alineamiento. Este descenso trajo consigo la ruptura de soldaduras, siendo lo más grave de todo el pandeo local del alma de la viga como se muestra en Figura 1.4 .

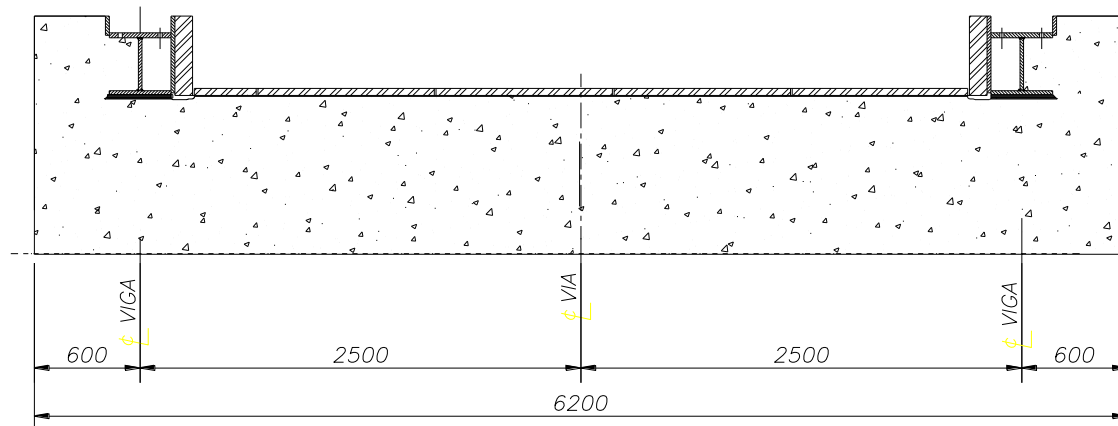


Fig. 1.1 Sección Transversal de la Vía Existente.

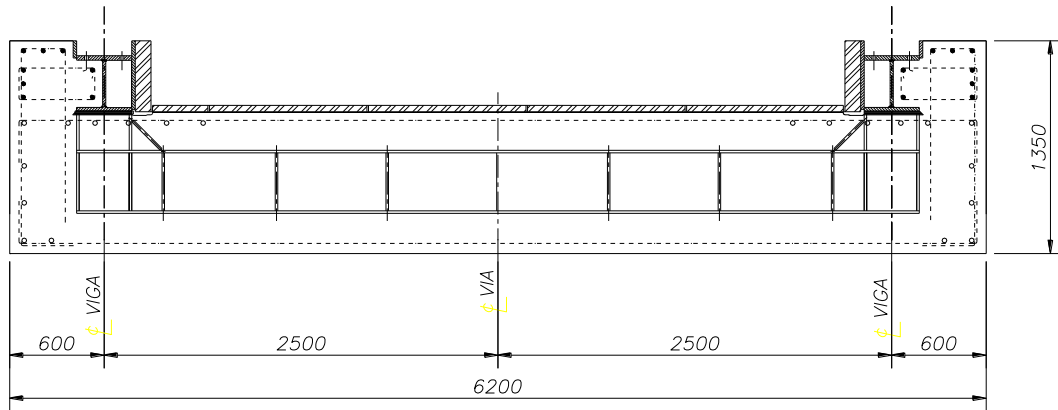


Fig. 1.2 Conformación Estructural de la Losa

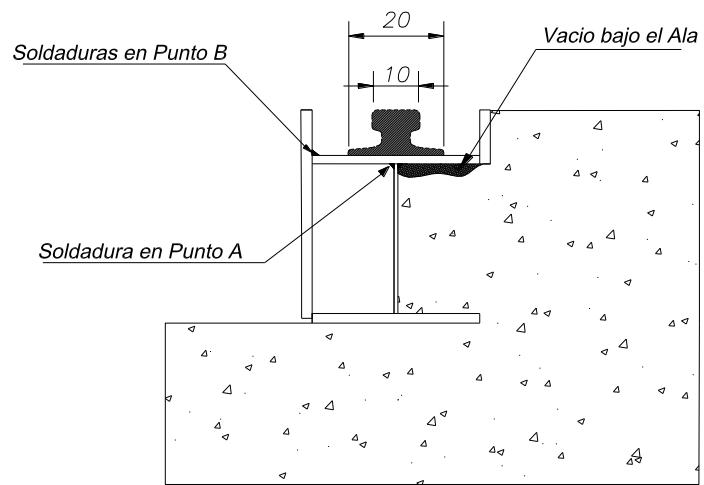


Fig. 1.3 Detalle Constructivo

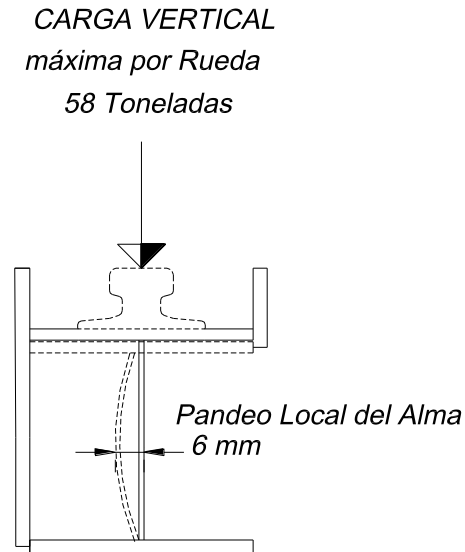


Fig. 1.4 Solicitación Vertical

Las cargas verticales están compuestas por el peso de la olla de acero líquido mas el carro de traspaso, mayoradas por un coeficiente de impacto que pondera los esfuerzos inducidos a la vía, por eventuales sobrecargas ocasionadas por la iza y la descarga de la olla con acero liquido, que se carga desde el convertidor al carro y se descarga desde el carro a las estaciones de ajuste metalúrgico. Esta continua operación es ejecutada por un puente grúa que por la naturaleza del trabajo que realiza, impacta el carro en el momento que hace contacto.

En la figura 1.5 se muestra como se distribuye los esfuerzos anteriormente descritos y transfieren carga a los distintos elementos que constituye la vía.

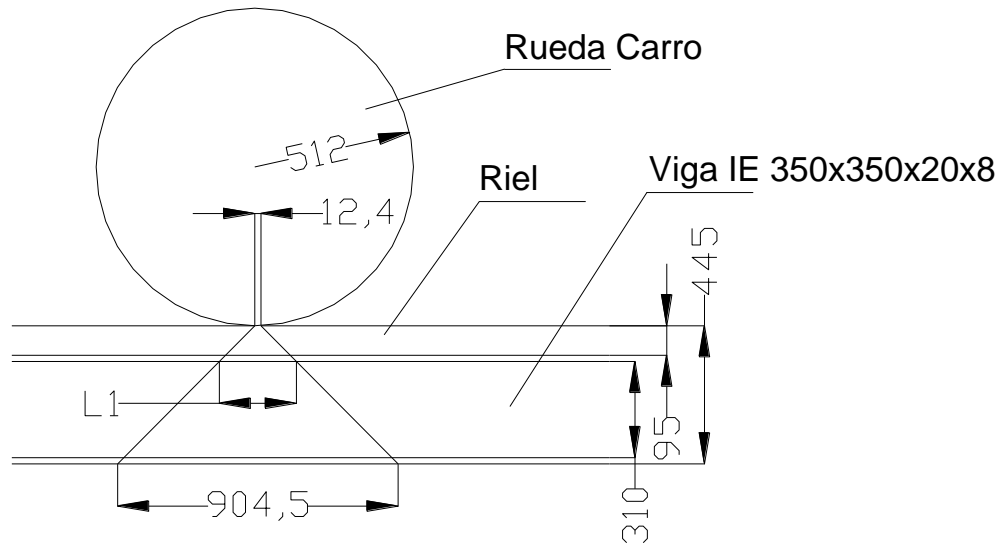


Fig. 1.5 Distribución de los Esfuerzos Verticales.

Como se indicó anteriormente la vía presentaba una falla estructural, la cual fue detectada durante una inspección visual y no cabe duda que nos encontramos frente a una típica falla por pandeo local del alma, pero fue necesario corroborarlo analíticamente, por lo que, haciendo algunos supuestos de modo de facilitar el cálculo, se obtuvo lo que a continuación se presenta.

1.2 CALCULO DE FALLA DE LA VÍA

1.2.1 BASES DEL ANALISIS:

- ▶ El carro de traspaso en conjunto con la olla de acero pesa 232 toneladas
- ▶ El cuerpo del carro esta constituido por una estructura de acero y cuatro ruedas, las que transfieren carga a las vías a una razón de 58 toneladas por rueda.
- ▶ Se considerará un factor de impacto de 1.2

$$C.M.R \text{ imp} = 58 \times 1.2 = 69.6 \text{ toneladas}$$

$$d = 2.15 \times \sqrt{\frac{P \times \phi r}{E}} \quad [1.1]^1$$

d = Apoyo rueda del riel

p = $C.M.R \text{ imp} / \text{Long apoyo} = 69.600 / 100 = 6960 \text{ kg} / \text{cm}$

ϕr = Diámetro rueda

E = Modulo de elasticidad

$$d = 2.15 \times \sqrt{\frac{6.960 \times 100}{2100000}} = 1.24 \text{ cm}$$

Fuente: Referencia: Referencia [19]

1.2.2 TENSIÓN DE APLASTAMIENTO EN EL HORMIGÓN

Si suponemos que la soldadura en el encuentro **A** no existe y los esfuerzos verticales son tomados por el hormigón armado y la soldadura en **B** como se indica en la figura 1.3 proporcionalmente, se tiene:

$P =$ Carga sobre el hormigón

$A =$ Área de Contacto

La mitad de la carga es tomada por el hormigón según figura 1.5

$$P = 69.600/2 = 34.800 \text{ kg.}$$

Calcularemos el área de contacto entre la rueda y el riel según la distribución de esfuerzos verticales que se muestran en la figura 1.5, de la siguiente manera:

$$A = ((\text{base del riel} / 2) + \text{espesor ala}) \times L1$$

en donde:

$$L1 = d + 2 \times (\text{alto riel} + \text{espesor ala})$$

Entonces se tiene:

$$A = (10+2) \times (1.24+2 \times (9.5+2)) = 290.88 \text{ cm}^2$$

La tensión admisible por compresión es igual a:

$$\sigma_{ap} = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_{ap} = \frac{34.800}{290.88} = 119 \text{ kg/cm}^2$$

La tensión admisible del hormigón por aplastamiento es:

$$[\sigma_{adm}]_{aplast} H_{25} = 90 \text{ kg/cm}^2$$

Por tanto

$$\sigma_{ap} > [\sigma_{adm}]_{aplast}$$

Lo anteriormente analizado no considera la armadura de refuerzo que efectivamente posee la losa de fundación de la vía. Dado que los valores obtenidos muestran una leve diferencia y situándonos en la condición más desfavorable, esto es, no considerando las armaduras, la falla por aplastamiento del hormigón no ocurrirá.

1.2.3 TENSIÓN EN LA SOLDADURA ENTRE ALA SUPERIOR Y PLANCHA VERTICAL

Si suponemos que por defectos en el hormigonado de fundación se produjo un espacio como se indica en la figura 1.3 y los esfuerzos verticales son tomados por la soldadura en el punto **B** se tiene:

P = Carga sobre soldadura

L = Longitud del cordón de soldadura

La mitad de la carga es tomada figura 1.3

$$P = 69.600/2 = 34.800 \text{ kg}$$

Calcularemos la longitud del cordón de soldadura considerado resistente:

$$L = d + 2 \times \text{ancho del ala} / 2$$

Entonces tenemos:

$$L = 1,24 + 2 \times 35 / 2 = 36,24 \text{ cm}$$

Tensión máxima de corte en el Filete

$$\tau_{\text{máxima}} = 34.800 / 36,24 = 960,26 \text{ Kg / cm.}$$

Tensión Admisible de corte en un Filete de 8 mm, para un electrodo E70XXAWS ; y UN Acero A42-27ES.

$$\tau_{\text{admisible}} = 5.65 \times 0,3 \times 50 = 84.75 \text{ Kg / mm ó } 847,5 \text{ Kg / cm}$$

$$\tau_{\text{admisible}} < \tau_{\text{máximo}}$$

► Conclusión

El cordón debería presentar grietas para cargas de esta magnitud, y frente a sobrecargas repentinas, como es el caso , el cordón de soldadura se fracturaría dando lugar a una falla estructural.

1.2.4 TENSION DE APLASTAMIENTO PRODUCIDA SOBRE LA ESTRUCTURA

- ▶ Consideraciones : Toda la carga de la rueda es absorbida por el alma, suponemos nulo el aporte del Hormigón.

$P =$ Carga sobre la Viga IE 350 x 350 x 8 x 20

$A =$ Área de Contacto

Carga máxima por rueda:

$$P = 69.600 \text{ kg}$$

Calcularemos el área de contacto entre la rueda y el riel de la siguiente manera:

$$A = \text{Espesor del Alma} \times L1$$

en donde:

$$L1 = d + 2 \times (\text{alto riel} + \text{espesor ala})$$

Entonces tenemos:

$$A = 0.8 \times (1.24 + 2 \times (9.5 + 2)) = 19,392 \text{ cm}^2$$

La tensión admisible por compresión es igual a:

$$f_{ap} = \frac{P}{A}$$

$$fap = \frac{69.600}{19,392} = 3.589 \text{ kg / cm}^2$$

La tensión admisible del acero:

$$fap \text{ admisible} = 0.75 \times 2.700 = 2.025 \text{ kg / cm}^2$$

Por tanto

$$fu = \frac{3.589}{2.025} = 1.77$$

Conclusión: Bajo esta consideración el Alma se encontraría en Fluencia provocando pandeo local del alma, lo que se ajusta a lo sucedido en las vigas existentes.

1.3 JUSTIFICACION

Por lo anteriormente expuesto se justifica y se hace imprescindible proyectar una nueva vía férrea de modo de poder reparar la existente y tener habilitada siempre una alternativa, para los eventuales problemas que pueden producirse en la operación de estos equipos.

1.4 OBJETIVOS

- ▶ Determinación del marco teórico donde se sustentara la presente proposición de diseño.
- ▶ Determinación de los esfuerzos internos o externos que se encuentran presentes en las vías férreas.
- ▶ Determinación del coeficiente de balastos que definirá el suelos a utilizar .
- ▶ Proposición de soluciones.
- ▶ Evaluación económica del proyecto.

CAPÍTULO 2

2 VÍAS FÉRREAS

2.1. DEFINICIÓN

Un ferrocarril se define como el camino provisto de perfiles paralelos denominados rieles, sobre los que se deslizan una serie de vehículos movidos por tracción eléctrica, motores eléctricos o motores diesel - eléctricos.

2.2. CLASIFICACIÓN

En la actualidad no se cuenta con una clasificación unificada de las líneas del ferrocarril, debido a que las mismas presentan una gran variedad en sus características. Tomando en cuenta algunos puntos de vista, se pueden clasificar en:

LÍNEAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS

Las líneas principales son aquellas que forman las grandes líneas tróncales, y las líneas secundarias las que complementan la red formada por las anteriores dando así un sistema completo de líneas férreas.

LÍNEAS DE VÍA ANGOSTA Y VÍA ANCHA

Esta clasificación corresponde al nivel de servicio que prestan las líneas férreas, sin tener en cuenta si es una línea principal o secundaria, es decir que una línea principal no necesariamente debe ser de línea ancha o que una secundaria sea de línea angosta, ya que ello dependerá de los aspectos de servicio que son relacionados a la construcción. El ancho de la

vía, definida como trocha de vía, es la separación entre rieles, como se muestra en la figura 2.1.

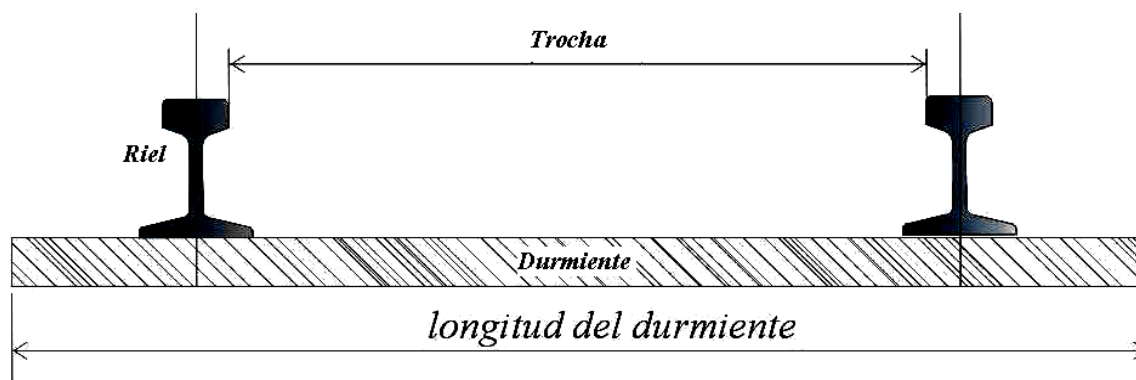


Fig. 2. 1. Trocha de la vía.¹

LÍNEAS DE TRANSITO GENERAL, URBANAS Y SUB - URBANAS

Esta es una clasificación relativa al servicio público que prestan. Así se tiene que las líneas de tránsito general corresponden al servicio nacional o internacional de larga distancia. Las líneas suburbanas son aquellas que comunican una población con sus zonas de influencia cercanas. Las líneas urbanas son las que prestan servicio dentro de las poblaciones, ya sean estos servicios efectuados sobre la superficie, como los tranvías, subterráneos o elevados, y como los metropolitanos.

¹

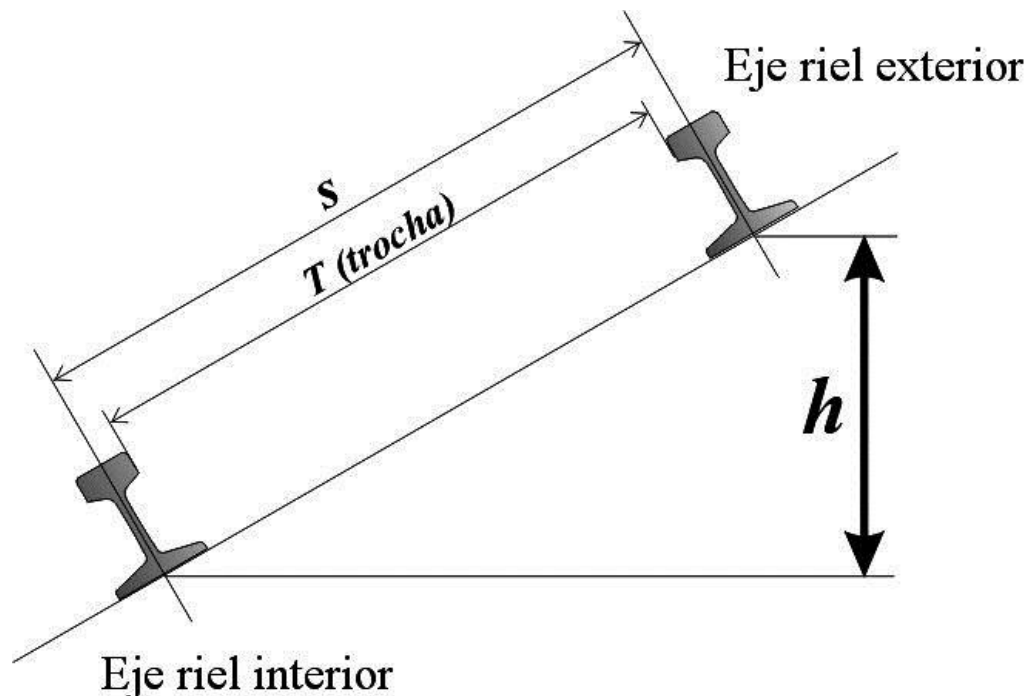
Existen también líneas de servicio particular que corresponden a las líneas dedicadas exclusivamente al servicio de algunas empresas de carácter privado, tales como las líneas mineras o empresas siderúrgicas.

A pesar que el estudio del trazado geométrico de la vía, no ha sido considerado en el presente trabajo, es necesario introducir al menos el análisis del peralte de la vía, como un criterio práctico, ya que al no satisfacer este criterio, no se aseguraría ciertas condiciones en el cálculo de la seguridad, donde este peralte tiene influencia indirecta y para conocimiento general de quienes se interesen por diseñar y calcular vías férreas..

2.3. PERALTE

Se denomina peralte a la diferencia de cota entre los dos rieles de la vía en curva, para una sección normal al eje de la vía. Se proporciona mediante la elevación gradual del riel exterior sobre el interior, manteniendo éste a su nivel original en la recta. Las principales misiones del peralte son:

- ▶ Producir una mejor distribución de cargas en ambos rieles.
- ▶ Reducir la degradación y desgaste de los rieles y del material rodante.
- ▶ Compensar parcial o totalmente el efecto de la fuerza centrífuga con la consiguiente reducción de sus consecuencias.
- ▶ Proporcionar confort a los viajeros.

Fig. 2. 2. Análisis del peralte.²

PERALTE TEÓRICO

Este peralte debe considerarse solo como teórico, ya que en la práctica el peralte que se puede dar a la vía se encuentra limitado por la coexistencia de trenes rápidos y trenes lentos; en estos últimos, que se encuentran con exceso de peralte, el apoyo de las pestañas con el riel interior, agravado por la resultante de las fuerzas de tracción, origina el desgaste de tales elementos y, sobre todo, aumenta notablemente la resistencia a la rodadura, hasta el punto de hacer difícil el arranque en caso de parada imprevista en curva. Debe observarse que, por efecto del peralte, la presión del vehículo sobre los rieles aumenta.

$$h = \frac{V^2 \cdot s}{127 \cdot R} \quad [2. 1]$$

² Fuente: Referencia [14]

PERALTE PRÁCTICO

Se tomara al peralte practico a los 2/3 del valor del teórico.

$$h_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{V^2 \cdot s}{127 \cdot R} \quad [2. 2]$$

$$s = T + 2 \cdot \left(\frac{g}{2} \right) \quad [2. 3]$$

Donde:

h = Peralte teórico.

h_1 = Peralte práctico.

V = Velocidad.

R = Radio de curvatura.

s = Ancho de vía mas dos veces el semiancho de la cabeza del riel.

g = Ancho de la cabeza del riel.

El límite del peralte se encontrara entre:

$$\frac{1}{9} \cdot T \quad \text{y} \quad \frac{1}{12} \cdot T \quad [2. 4]$$

2.4. SUPERESTRUCTURA E INFRAESTRUCTURA

Como partes esenciales en la constitución del camino de rodadura que se ofrece a los trenes, se consideran la infraestructura y la superestructura. La primera es la parte que da origen a la línea, con sus cortes y terraplenes, viaductos, puentes, alcantarillas, túneles, y en general, con todas las obras de arte y de fábrica necesarias para el establecimiento de la superficie sobre la que se asienta la vía. La superestructura es la vía propiamente dicha, con el balasto, los durmientes, los rieles, los aparatos de vía, y también los elementos precisos para asegurar la circulación de los trenes, como las señales, y enclavamientos.

2.5. RIEL

A la vía, cuando en España se empezó a tratar de ferrocarriles, se le llamó camino de hierro o riel de hierro. Se daba este nombre de camino, porque el riel es el perfil de hierro que sirve de huella a las ruedas de un carro.

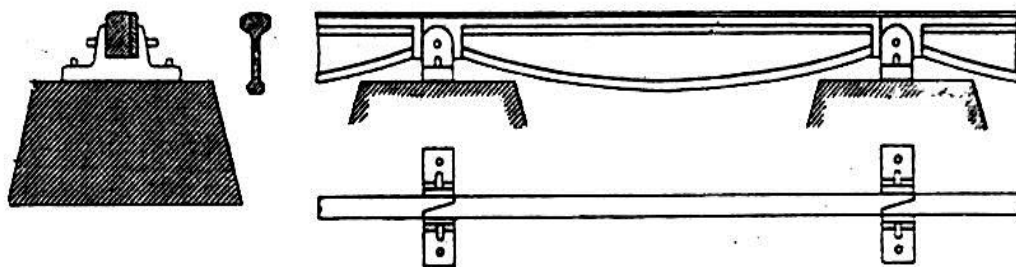


Fig. 2. 3 Antiguos rieles de vientre de pez, sobre dados de piedra.³

A las barras de hierro se las llamaba riel, tomando del Inglés y del Francés esta palabra, que tiene su raíz en la latina *regula*, que quiere decir regla. En la actualidad, lo corriente es llamar riel a las barras de acero que se asientan sobre los durmientes. En los primeros ferrocarriles ingleses, la vía estaba constituida por rieles apoyados en dados de piedra. Con el

³ Fuente: Referencia [15]

empleo de las locomotoras, los rieles tuvieron su parte inferior en curva, en forma llamada de vientre de pez, como se muestra en la figura 2.3. Hacia 1835 se abandonó el sistema de base pétrea, y, en lugar de dados, se utilizaron apoyos metálicos para después empezar a emplear durmientes de madera.

Los rieles después de diversas formas en su sección transversal han venido a quedar representadas en dos formas; la de doble cabeza (tipo Stephenson) y la de base plana (tipo Vignol). Los primeros se conocen también por *riel de cojinetes*, como se ilustra en la figura 2.4, por que se monta sobre cojinetes, que son los que aseguran su estabilidad; se empleó mucho en el continente Europeo. Debido a no estar tan extendido por el mundo como el de base plana, en lo que sigue sólo habremos de referirnos a rieles tipo Vignol.

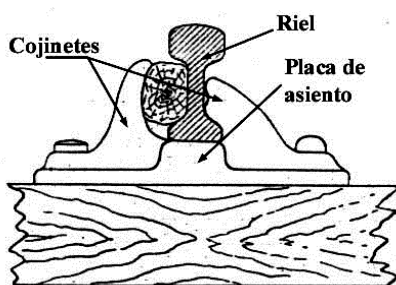


Fig. 2. 4 Sección del riel y cojinetes.³

El riel que en Europa se conoce por el nombre de Vignol, porque el inglés Carlos Vignoles lo introdujo en el viejo continente, fue ideado por el Americano Stevens, uno de los grandes ferroviarios de tiempos pasados. Este tipo de riel tiene tres partes, que son: cabeza, alma y pie. Al pie solemos llamarle patín (Figura 2.5).

La cabeza tiene una forma apropiada para que sobre ella se acomoden las ruedas de los vehículos. La cara superior del riel, que es la superficie de rodadura, se ofrece plana o

ligeramente abombada, con objeto de hacer frente a los desgastes recíprocos del riel y de la rueda. Los planos inclinados que unen la cabeza al alma además de servir para sostener aquélla, sirven de apoyo de las bridas, elementos que unen los rieles consecutivos cuando estos no están soldados. El alma del riel debe tener una altura en relación con el ancho del patín, a fin de resistir lo mejor posible los esfuerzos transversales. Esta relación se acerca cada vez más a la unidad, con esto y con el aumento de ancho del alma se tiende a establecer una proporción entre las masas de la cabeza, alma y patín, como mejor medio de evitar tensiones interiores y de proporcionar al riel mayor estabilidad y resistencia a los esfuerzos que lo solicitan. El patín se une al alma por planos inclinados, sobre los que se apoyan también las bridas de unión de rieles. El ancho del patín debe ser suficiente para asegurar la estabilidad del riel y para resistir los esfuerzos transversales que tienden a inclinarlo.

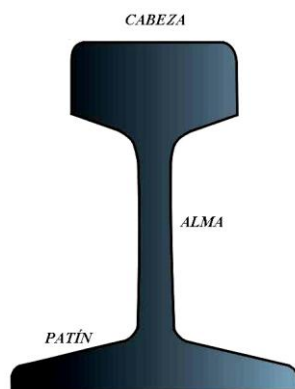


Fig. 2. 5 Sección transversal del riel⁴

Fuente: Referencia [15]

El peso de los rieles, varía en razón del tráfico y de las condiciones de explotación de la línea, como son, la velocidad de los trenes y peso de locomotoras y vehículos. Este peso del riel, va siendo cada vez mayor, por lo mismo que va siendo mayor la velocidad de los trenes y el peso de locomotoras y vehículos. Por lo general, los países Europeos poseen rieles de pesos elevados debido al alto rendimiento que se espera de ellos, por ejemplo en España los rieles más pesados, son de 45 Kg/m. En otros países se emplean rieles más pesados, como los de 52 y 57 Kg/m, del Estado Belga, y otros que llegan a 60 y 70 Kg/m. En el caso de nuestro país la red ferroviaria está conformada por rieles de 60, 65 y 75 lb/yd, lo que equivaldría a 30, 32 y 35 Kg/m. Con el peso del riel se aumenta la resistencia de la vía, en la que también influye de modo principal, el número de durmientes y el espesor de la capa de balasto.

El procurar un exceso en la masa metálica del riel es también necesario si se tiene en cuenta el desgaste que el uso produce, sobre todo en la cabeza. La circulación de los trenes ocasiona, en efecto, cierto desgaste de la cabeza del riel. La presión de las ruedas y el roce que ejercen, sobre todo en las curvas; el efecto de las frenadas; los golpes de las ruedas, cuando la vía presenta alguna desigualdad, cosa que más frecuentemente ocurre en las juntas; los golpes que producen también las ruedas cuando los ejes de los vehículos no están en debidas condiciones o el sobreancho de la vía es excesivo; la acción de los agentes atmosféricos, y otras causas de menor importancia van reduciendo la altura y el ancho de la cabeza del riel. Naturalmente que estos motivos de desgaste, en su mayoría, crecen al aumentar el número, velocidad y peso de los trenes. Cuando el desgaste pasa de cierto límite, como 15 ó 18 mm para rieles de mediano peso, 20 ó 25 para los de gran peso, los rieles deben ser renovados, y como la sustitución aislada de algunos de ellos no es conveniente, se suele hacer la renovación

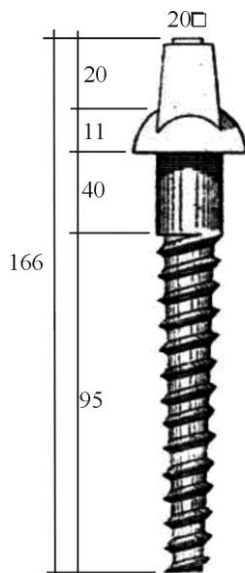
completa, para dejar una nueva vía de rieles homogénea, utilizando el gastado en vías de estaciones o de líneas de menor importancia.

Los rieles tienen longitudes diversas, y se procura que sean las mayores posibles para reducir el número de juntas y hacer más eficaz la resistencia al deslizamiento longitudinal y a los esfuerzos transversales. Las juntas de los rieles son los puntos débiles y conviene que su número sea el menor posible. El máximo de la longitud viene fijado por la posibilidad del laminado y por la separación entre rieles para el juego de dilatación, separación que no pasa de 20 mm. Por otra parte, la conveniencia de facilitar el transporte pone también un límite a la longitud de rieles. La longitud se toma usualmente de 12 a 15 m y para los rieles más pesados se emplea de 18 m de largo.

SUJECCIÓN DEL RIEL

Las sujeciones del riel son elementos que hacen posible la continuidad estructural de la vía. Las funciones de las sujeciones, son:

- ▶ Fijar los rieles a los durmientes
- ▶ Asegurar la invariabilidad del ancho de la vía
- ▶ Facilitar la transferencia de las cargas estáticas y dinámicas del material rodante.

Fig. 2. 6 Tirafondo⁵

Un elemento importante de las sujeciones es la placa de asiento, que reduce la presión específica transmitida por el riel protegiendo así al durmiente.

Entre los tipos de sujeciones, los más comunes son:

- ▶ Las sujeciones rígidas clásicas, que son elementos clavados, como las escarpas o atornillados como los tirafondos, como se ilustra en la figura 2.6. por uno de sus extremos y por el otro sirve de sujeción sobre el patín del riel.
 - ▶ Clavos elásticos, que combinan la sencillez de los elementos clavados con la ventaja de la elasticidad, incrementando su conservación y facilitando su montaje.
- Entre este tipo de sujeciones se tiene a Calvos Dorken, T-flex, Elastic flex, J-flex, etc.

⁵ Fuente: Referencia [14]

- ▶ Sujeciones elásticas de lámina o grapa, que presenta una chapa de acero elástico, denominado grapa o lámina elástica que es unida a otros elementos como una chapa de gaucha, casquillo aislante de plástico, mediante un tornillo de acero o tirafondo en caso de tener durmiente de madera. Entre los principales tipos de estas sujeciones, están las sujeciones RN, CIL, C4, Heyback , etc.
- ▶ Sujeciones elásticas de clip, que cuentan con un elemento soporte de diferente forma para poder sujetar el patín del riel. La principal sujeción de este tipo es la Pandrol, como se muestra en la figura 2.7.
- ▶ Otros tipos de sujeción son la sujeción de cuña y cojinete, sujeciones elásticas de lámina o grapa, etc.



Fig. 2. 7 Sección transversal del riel⁶

⁶ Fuente: Referencia [20]

JUNTAS DE LOS CARRILES.

Una junta viene a ser la unión longitudinal de dos rieles consecutivos. Se efectúa por medio de piezas denominadas bridas. Las juntas más recomendadas son las que se encuentran suspendidas, es decir, cuando la junta se encuentra entre dos durmientes, esto produce menor desgaste en los extremos del riel ya que se considera como una junta elástica, trabajando a flexión.

La función de las bridas es la de unir los extremos de los rieles de manera que sus ejes longitudinales coincidan. Se proyecta la brida de manera que el par de bridas en la junta, produzcan el mismo momento de inercia del riel. Las bridas se fijan entre sí y a los rieles, por medio de tornillos que tienen la cabeza en forma de

VÍAS FÉRREAS pico de pato, que no permite el aflojamiento y son asegurados utilizando arandelas elásticas.

Es necesario en las juntas que exista un juego u holgura, para lo cual se puede dividir las los tipos de juntas en dos:

► JUNTA TIPO A

Son las vías en las que se cuenta con sujeciones de gran eficiencia, como los clavos elásticos, sujeciones o grapas elásticas, que vienen provistas con chapas de gaucho, etc. La holgura de las juntas para este tipo de vías esta dada por la ecuación [2. 5].

$$J_A = \frac{L_{3rieles}}{3} - \frac{L_{3rieles} - \Delta t}{80} \quad [2. 5]$$

► JUNTA TIPO B

Son aquellas vías donde las sujeciones son rígidas y generalmente sin elementos que mejorarían la eficiencia de la sujeción. La holgura esta dada por la ecuación [2.6]

$$J_B = \frac{L_{3rieles}}{2.5} - \frac{L_{2rieles} - \Delta t}{80} \quad [2.6]$$

donde:

$L_{2rieles}$ = Longitud de dos rieles [m]

$L_{3rieles}$ = Longitud de tres rieles [m]

Δt = variación de temperatura en grados

J = Holgura de la junta [mm]

NATURALEZA Y VIDA DEL RIEL

El riel, que empezó siendo de hierro, es de acero hace ya bastantes años. La composición química del acero de los rieles es variable, y en relación con esta composición están los resultados de dureza, fragilidad, resistencia a la deformación y al desgaste. Los pliegos de condiciones definen las proporciones de los componentes, que esencialmente son el carbono, manganeso, silicio, fósforo y azufre, estos dos últimos resultan nocivos, especialmente el fósforo. A continuación se mostrara la tabla 2.1 con la composición química del acero según los pliegos de condiciones para rieles fabricados en Europa y América.

Con mayor cantidad de carbono se aumenta la dureza, y con la de manganeso; la resistencia al desgaste. Una excesiva proporción de fósforo aumenta la fragilidad, pero favorece la resistencia al desgaste.


	Fabricados en Europa	Fabricados en America
% de Carbono	0,4 - 0,57	mayor a 0,57
% de Manganeso	0,8 - 1,2	menor a 0,8
% de Silicio	0,1 - 0,25	0,1 - 0,25
% de Fosforo	maximo admisible 0,06	maximo admisible 0,06
% de Azufre	maximo admisible 0,06	maximo admisible 0,06

Tabla 2. 1 Composición química del acero para rieles.⁷

El acero es fabricado por el procedimiento Bessemer, o por el Martín-Siemens. El lingote debidamente saneado; se pasa a los trenes de laminación, y a la salida final de ellos se despuntan los rieles para suprimirles las posibles segregaciones, que son impurezas que se presentan también, previamente, en la obtención del lingote, a la solidificación del metal fundido. Al producirse la solidificación, por contracciones, se suelen originar también cavidades en las puntas del lingote, que se llaman rechupes. El corte de las barras a la salida del laminador y el acabado de los extremos, taladrado y marcado son las operaciones finales en la fabricación del riel.

La vida del riel depende de su desgaste y de las roturas. Estas son debidas, además de a la calidad, a la defectuosa colocación y a las temperaturas extremas del invierno. El desgaste es de varios órdenes: el normal, por la acción del paso de los trenes, y otros especiales, como el muy frecuentemente observado en el plano de rodadura de la cabeza, que es el llamado

⁷ Fuente: Referencia [15]

desgaste ondulatorio, y produce unas desigualdades que se nota al paso del material móvil ligero.

Entre los ensayos que se practican durante la fabricación y recepción de rieles, se encuentra uno que se lleva a cabo en la explotación ferroviaria, para deducción de las causas de roturas, y es el llamado de obtención de *macrografías*, que son imágenes de la sección del riel que revelan defectos de la estructura en la composición química del metal, que denuncian la existencia de excesos temibles de algunos componentes, como el azufre y el fósforo, y sobre todo, que enseñan si esos excesos se acumulan en puntos o zonas que constituyen las segregaciones. Son representaciones gráficas del mismo tamaño de la sección por tal motivo la denominación de macrografía.

Para obtener las macrografías se emplean diversos procedimientos, que en el fondo se basan en el mismo principio de reacciones químicas. A continuación se presenta uno de los procedimientos mas comunes: Pulimentada la sección, sobre ella se aplica un papel al bromuro de plata, el mismo que sirve para las diapositivas fotográficas y que previamente se ha humedecido con agua y ácido sulfúrico. Al contacto de la sección y del papel así mojado, contacto que se prolonga varios minutos, el azufre y el fósforo, a los cuales se trata de descubrir en el metal, dan lugar a sulfhídrico y fosfaminas, que con las sales de plata del papel, producen en éste el mismo efecto que la luz en la fotografía y dan lugar á una coloración oscura y a las manchas negras que denotan la existencia de las segregaciones.

2.6. DURMIENTES

DURMIENTES DE MADERA

Los durmientes que mayormente se emplean son los de madera. En Compañía Siderúrgica Huachipato tenemos en general las siguientes dimensiones 275 cm, y su sección transversal es un rectángulo de base 15 cm y 12,7 cm de altura. No se precisa, sin embargo, una sección perfectamente escuadrada, sino que la cara inferior sea plana y la superior ofrezca también una superficie plana de al menos 15 cm de ancho, que servirá de asiento para el patín del riel. En la figura 2.8 y la tabla 2.2 se tienen los tipos de secciones transversales y sus dimensiones para durmientes de madera.

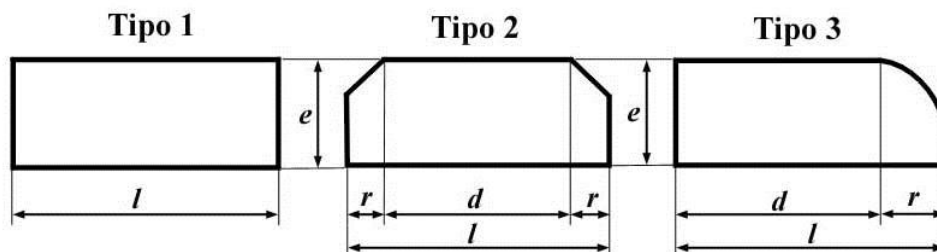


Fig. 2. 8 Tipos de secciones transversales de durmientes de madera en RENFE.⁸

Categoría	Tipo 1				Tipo 2				Tipo 3			
	l	e	d	r	l	e	d	r	l	e	d	r
Primera	230	140	0	0	230	140	150	40	240	140	160	80
Segunda	210	130	0	0	210	130	140	35	220	130	150	70
Primera	240	150	0	0	240	150	160	40	245	150	165	80
Segunda	230	140	0	0	230	140	160	35	235	140	165	70

Tabla 2. 2 Dimensiones de las secciones transversales de los durmientes de madera en [mm].⁸

⁸ Fuente: Referencia [14]

Las maderas más corrientemente empleadas en la fabricación de durmientes son las de Ulmo, Tineo, Eucalipto. Es de recomendar que, como para cualquier explotación de un bosque, la tala se haga en el momento de paralización de la savia, e igualmente beneficioso es que se sequen bien los durmientes después de obtenido el tronco. El secado resulta necesario para la impregnación a que se las debe someter, porque sin esta operación los durmientes duran mucho menos.

Los durmientes, como todas las piezas de madera, se pueden secar al aire, procedimiento natural y primitivo, o por distintos sistemas de estufa, estos son procedimientos en los que se utiliza el fuego para calentar el aire o producir vapor con que se trata a las maderas, reduciendo el tiempo de su desecación. Después de esta previa operación se deberán impregnar de alguna sustancia antiséptica, que generalmente se introduce a presión en la madera. La sustancia que generalmente se emplea es la creosota, obtenida de la destilación del alquitrán de hulla; también se emplea el cloruro de zinc. El procedimiento de aplicación de la creosota, es el de inyección Ruping, que consiste en someter previamente los durmientes a la presión del aire en un autoclave⁹ para abrir los canales de la madera, introduciendo luego la creosota caliente y elevando al doble la presión anterior, para que la creosota penetre en dichos canales.

Para el apoyo de los rieles sobre los durmientes, se hacen unas entalladuras, formando como una caja¹⁰ en la que entra el patín del riel (figura 2.9), y se da a la superficie de apoyo

⁹ Autoclave, recipiente metálico de paredes resistentes y cierre hermético que sirve para esterilizar o hervir por medio del vapor a presión.

¹⁰ Recibe el nombre de cajeo al procedimiento de crear las entalladuras en los durmientes.

una cierta inclinación, para que a su vez, la sección del riel no quede completamente vertical, sino con inclinación hacia el interior, inclinación que en casi todos los ferrocarriles viene a ser de 1/20 y 1/40.

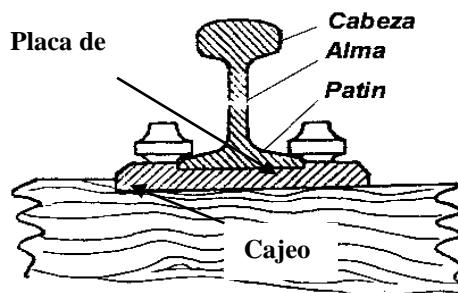


Fig. 2. 9 Apoyo del riel sobre el durmiente.¹¹

Entre el durmiente y el patín del riel se coloca generalmente una placa metálica, llamada placa de asiento (Fig. 2.9), que tiene por objeto aumentar la superficie de apoyo del riel y también aumentar la resistencia al desplazamiento transversal del riel. Permiten suprimir o reducir la importancia del cajero del durmiente. Los durmientes se asientan sobre el balasto, presionando éste bajo ellas con golpes de bate, a lo que se llama el bateado. Para el asiento de la vía se pueden emplear procedimientos mecánicos, por medio de los cuales se efectúan todas o parte de las operaciones: preparación de durmientes, cajero y perforación, bateado, etc. Se ensaya incluso, y a veces se utiliza, el procedimiento de montar la vía fuera de la explanación, y luego trasladar a ésta tramos armados con rieles y durmientes.

¹¹ Fuente: Referencia [15]



Fig. 2. 10 Vía férrea para un ferrocarril con durmientes de madera.¹²

La distancia entre durmientes es variable. Reduciendo esta distancia y aumentando el número de durmientes se aumenta la fortaleza de la vía. En la figura 2.10, se ilustra una vía férrea con durmientes de madera los cuales se encuentran con una separación de 50 cm entre ellos.

DURMIENTES METÁLICOS Y DE HORMIGÓN.

Hay también durmientes metálicos, huecos, que han dado buenos resultados, a pesar de ello, no se han generalizado mucho, como se ilustra en las figuras 2.11 y 2.12. Están colocadas hace unos cincuenta años en algunas líneas. El uso está restringido, ya que allí donde el balasto es de piedra caliza ó sílicea duran mucho; no así cuando hay carbonilla o tierras con yeso, que atacan al palastro de acero de que están formadas.

¹² Fuente: Referencia [21]

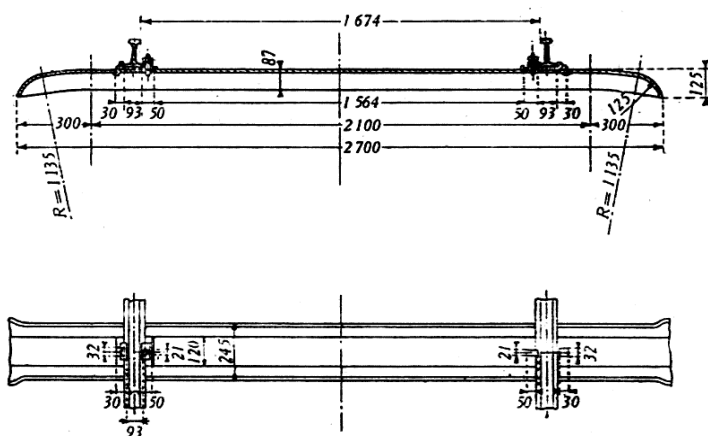


Fig. 2. 11 Sección longitudinal y planta de un durmiente metálico.¹³

Sus extremos están doblados; de modo que bajo el durmiente queda aprisionado el balasto, el cual sujeta e impide el desplazamiento longitudinal y transversal. Por otra parte la unión del riel al durmiente es también muy fuerte por intermedio de placas de asiento; un tornillo sujeta el riel y la placa al durmiente, aventajando en esto al tirafondo del durmiente de madera.

Al ser mas pesado, el durmiente metálico compite menos con el de madera porque en elasticidad no la iguala, ya que la vía con durmiente metálico resulta más rígida y desde luego, más sonora al paso de los trenes. La elasticidad que el balasto y el durmiente de madera proporcionan no se obtiene con el metálico, sin contar con que la conductibilidad de éste lo hace impropio en líneas que tengan equipo de señalización con circuito de vía, y aun en las de tracción eléctrica.

Bastantes limitaciones se presentan para el empleo de los durmientes metálicos, por su alto costo de inversión. Estos durmientes son más bien propios de líneas secundarias, en las

¹³ Fuente: Referencia [15]

cuales, la conservación resulta verdaderamente económica, porque su duración puede ser muy grande, su colocación rápida y su manejo fácil.



Fig. 2.12. Riel sobre durmiente metálico.¹⁴

En la figura 2.13 y la tabla 2.3 se muestran las dimensiones básicas de la sección de un durmiente metálico.

¹⁴ Fuente: Referencia [21]

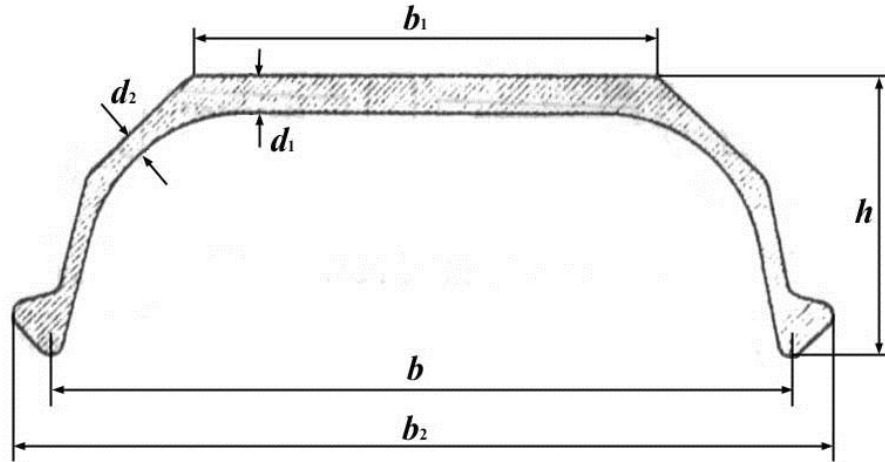


Fig. 2. 13 Sección transversal de un durmiente metálico.¹⁵

<i>Durmiente</i>	<i>h mm</i>	<i>d₁ mm</i>	<i>d₂ mm</i>	<i>b₁ mm</i>	<i>b₂ mm</i>	<i>b mm</i>
<i>Irani</i>	91	11	7	40	231	212
<i>CFFI</i>	90	11	7	130	240	218
<i>Turca</i>	85	11	8	130	242	225
<i>SNCF (Norte)</i>	80	13	8	140	266	240
<i>Griega</i>	95	12.5	8	130	260	244
<i>UIC 28</i>	90	12	7	150	260	236
<i>DB SW 7</i>	100	9	9	135	272	251
<i>DB SW 1</i>	100	11	8	130	272	251
<i>SNCF (AI)</i>	90	12	7	130	263	238

Tabla 2. 3 Dimensiones básicas de un durmiente metálico.¹⁶

Existen también durmientes de hormigón armado, que empezaron por ser prismáticas y por lo tanto, sumamente pesadas, como se ilustra en la figura 2.17. En la figura 2.18 se muestra una línea férrea con durmientes de hormigón armado. Después han sido ideados diversos tipos, incluso una combinación de partes metálicas y partes de hormigón.

¹⁵ Fuente: Referencia [14]

¹⁶ Fuente: Referencia [14]



Fig. 2.14. Durmiénte de hormigón.¹⁷



Fig. 2.15. Línea férrea con durmiénte de hormigón.¹⁸

Se ensayan también tipos compuestos de hormigón y madera, como el de la Fig. 2.16, propuesto en Inglaterra, y que está constituido por dos tacos de hormigón armado con metal, unidos por un tablón de unos 25 cm de ancho por 6,5 cm de espesor. Estos durmiénte, no

¹⁷ Fuente: Referencia [16]

¹⁸ Fuente: Referencia [16]

se usan en vías comerciales, a pesar que con este tipo se aprovechan las ventajas de la madera y se reduce su consumo, que vendría ha ser el principal fin de la fabricación de nuevos tipos de durmientes, ante la escasez cada vez mayor de este material.

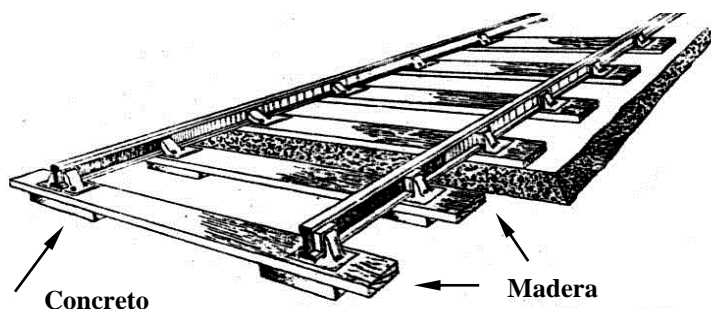


Fig. 2. 16 Vía sobre durmientes mixtos de madera y hormigón.¹⁹

Entre otros durmientes mixtos, son frecuentes los de tacos de hormigón, uno por debajo de cada riel, unidos por una barra o angular de hierro. En la figura 2.17 se ilustra los durmientes mixtos de hormigón y acero, muy usados en Francia.

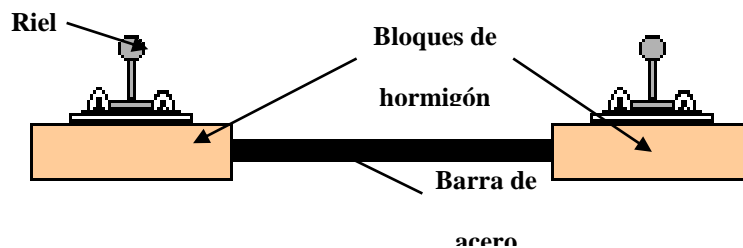


Fig. 2.17. Durmiente mixto de acero y hormigón.²⁰

¹⁹ Fuente: Referencia [15]

²⁰ Fuente: Referencia [16]

2.7. BALASTO

El balasto es la capa de piedra partida que se tiende sobre la terraplen o plataforma y sirve de asiento a los durmientes. Se reconocen en el balasto las siguientes funciones.

- ▶ Repartir uniformemente sobre la plataforma las cargas que recibe del durmiente de forma tal que su tensión admisible no sea superada.
- ▶ Estabilizar vertical, longitudinal y lateralmente la vía.
- ▶ Amortiguar mediante su estructura pseudo - elástica las acciones de los vehículos sobre la vía.
- ▶ Proporcionar una rodadura suave a los vehículos y un notable confort a los viajeros.
- ▶ Proteger la plataforma de las variaciones de humedad debidas al medio ambiente.
- ▶ Facilitar la evacuación de las aguas de lluvia.
- ▶ Permitir la recuperación de la calidad geométrica de la vía mediante operaciones de alineación y nivelación.

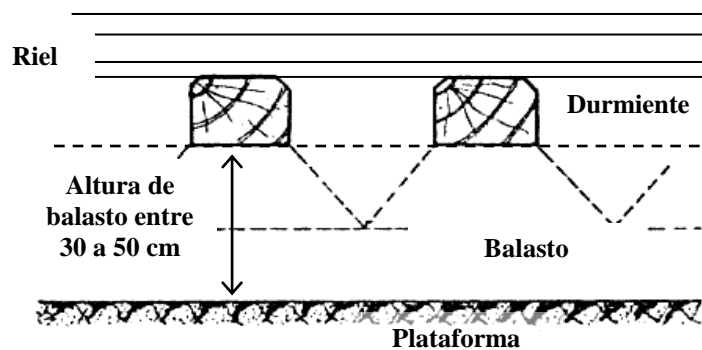


Fig. 2.18. Distribución de presiones en la capa balasto.²¹

²¹ Fuente: Referencia [15]

Para cumplir estas funciones los materiales utilizados como balasto en las vías férreas deben poseer ciertas características entre las cuales hace referencia fundamentalmente su curva granulométrica que se muestra en la figura 2. 19.

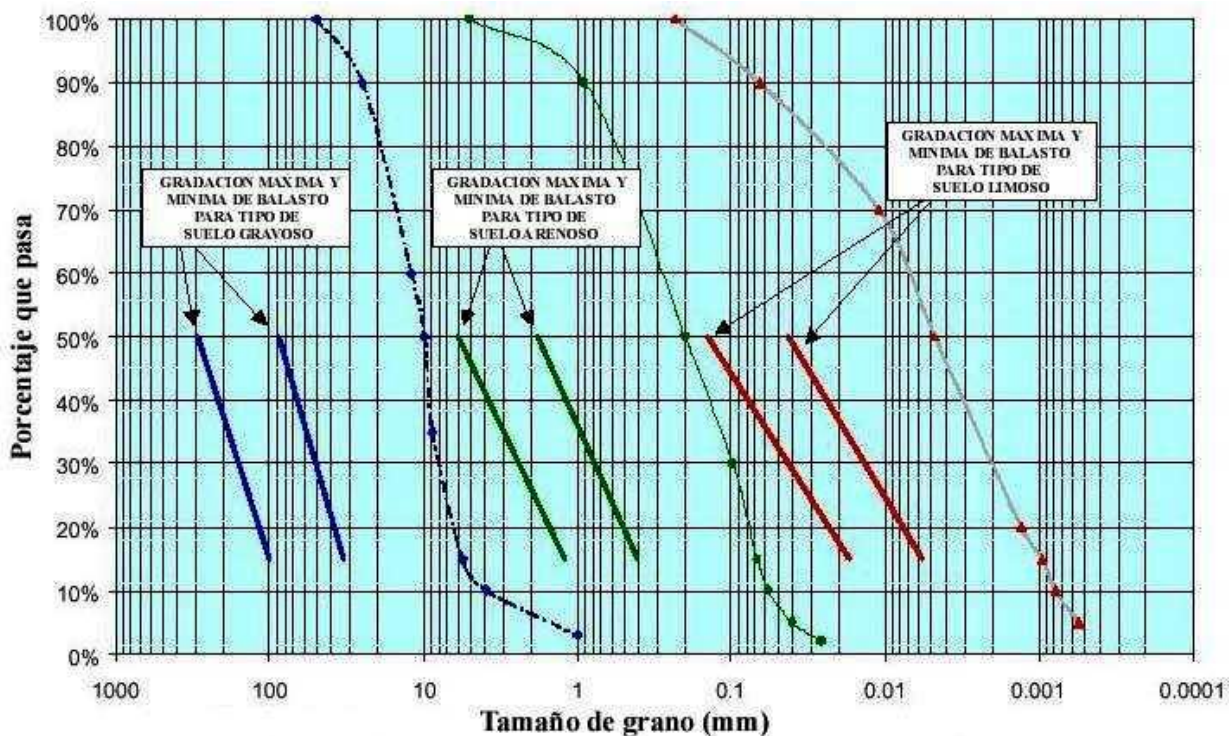


Fig. 2.19. Curvas granulométricas de los tipos de suelo para capa balasto.²²

Las condiciones que debe reunir el balasto, para cumplir con los fines mencionados, son:

- ▶ La capa de balasto, debe ser de suficiente espesor para que reparta las presiones sobre una base más ancha, según las cargas que los durmientes reciban. Esta altura del balasto, esta relacionada con la velocidad, peso y número de los trenes, también con la naturaleza del terreno y con el clima del país. En la figura 2.18, se ilustra una

²² Fuente: Referencia [18]

distribución de presiones en el balasto, para distribuir esta en la plataforma considerando una base más amplia para soportar los esfuerzos. La altura del balasto²³ varía de 30 a 50 cm, por debajo de los durmientes.

- ▶ Deben ser las piedras de arista viva, pues los cantos rodados no sujetan tanto los durmientes.
- ▶ No deben ser las piedras muy pequeñas, porque entre ellas quedaría poco espacio para el drenaje y además, se perderían y desgastarían más fácilmente; ni ser muy grandes, pues se reduciría aristas al apoyo del durmiente y se dificultaría el bateado. Un tamaño de 3 a 6 cm es recomendable. Se comprende la conveniencia de la regularidad de los tamaños, de la uniformidad de las dimensiones.
- ▶ Las piedras deben ser de roca dura, que se oponga a quebraduras y desgastes: pórfido, basalto, cuarcita, caliza y granito.

Reuniendo estas condiciones, el balasto se coloca sobre la explanación o plataforma, como se ilustra en la sección transversal de la vía de las figuras 2.20. y 2.21. La superficie de la explanación, sobre la cual el balasto se coloca, debe tener cierta inclinación, en sentido transversal, para dar salida a las aguas, vertiéndolas por uno o dos lados. Se coloca el balasto en capa de buen espesor y dimensiones al ancho que, naturalmente, varían con el de la vía y la categoría de la línea.

²³ Para la determinación de la altura de balasto ver Capítulo 6



Fig. 2. 20 Sección transversal de la vía.²⁴



Fig. 2. 21 Sección transversal de doble vía en recta.²⁴

Se hace penetrar el balasto, bajo el durmiente, por medio del bateado, de manera que al compactar la piedra, se afiance sobre el balasto el durmiente en que se apoyan los rieles; entre éstos, el balasto queda más suelto bajo el centro del durmiente, y más presionando en los extremos. No es sólo el ahorro de trabajo lo que limita el bateado persistente a estos extremos, sino las razones de conveniencia a que más adelante aludimos.

Entre los rieles, el balasto puede cubrir o no los durmientes, hay partidarios de una y otra solución. Dejando descubierto el durmiente se facilita su vigilancia, en la figura 2.22 se

²⁴ Fuente: Referencia [15]

muestra la diferencia entre estas soluciones, la primera para una vía en recta y la segunda en el caso de tener una vía en curva.

Nos hemos referido en cuanto antecede al tipo corriente de balasto, al de piedras de tamaño uniforme. Puede también emplearse el formado por piedras de distinto tamaño; en el fondo las grandes, y en la superficie las pequeñas; disposición razonada, pero costosa y dificultosa.

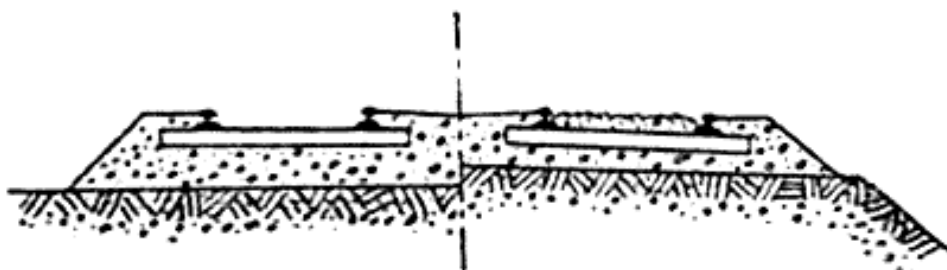


Fig. 2. 22 Secciones transversales de vía, con durmientes al descubierto, en el primer caso, y cubiertas por el balasto en el segundo.²⁵

2.8. PLATAFORMA

Es la superficie de terreno que se ofrece para que sobre ella se coloque la superestructura. Su anchura depende, como es natural, de que se establezca una o más vías, y del ancho de éstas. Esta superficie de plataforma tiene cierta inclinación transversal, a una o

²⁵ Fuente: Referencia [15]

dos aguas para el debido saneamiento, es decir con inclinación para el drenaje, como se muestra en las figuras 2.23 y 2.24 respectivamente, inclinación que suele ser de 3%. En caso de terrenos muy húmedos y arcillosos, el saneamiento tiene que ser especial, utilizando carbonilla, arena, piedras gruesas, placas de hormigón y aun tubos de drenaje. Recientemente se ha empleado para algunos de estos casos, y en vía ya establecida, inyecciones de cemento, en forma parecida a lo que se utiliza para reforzar la cimentación de las construcciones.

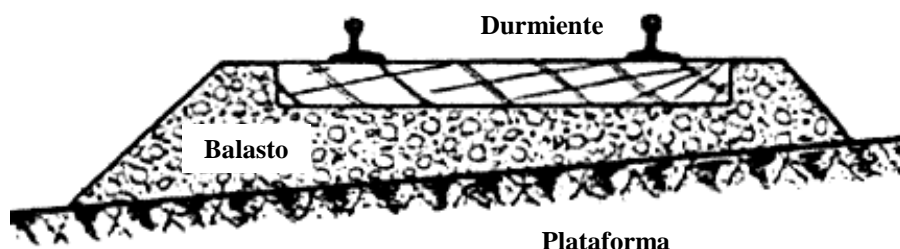


Fig. 2. 23Plataforma de la vía con una sola inclinación.²⁶

El establecimiento de una plataforma rígida ha sido objeto de diversas pruebas y aplicaciones parciales en estos tiempos de empleo de un material como el hormigón, que tan bien se presta a diversas soluciones; pero resulta limitado el campo de su utilización, por su costo elevado y sobre todo, porque para las velocidades algo crecidas, la elasticidad de la vía con balasto y durmientes de madera es, hasta ahora insustituible.

²⁶ Fuente: Referencia [15]

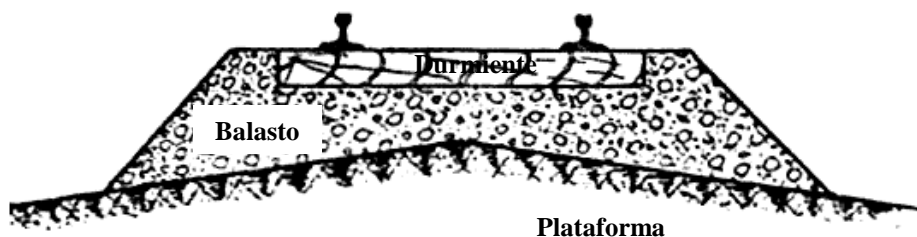


Fig. 2. 24 Plataforma de la vía con dos aguas.²⁶

Los aparatos de vía tienen por objeto realizar bien el desdoblamiento o el cruce de las vías (figura 2.25), aún cuando adoptan formas variadas, derivan todas ellas de los aparatos fundamentales: el desvío, que permite el paso de los vehículos de una vía sobre otra y la entrevía, que permite realizar la conexión entre dos vías.



Fig. 2.25. Aparatos de vía (Sapo).²⁷

En el desvío los ejes de ambas vías se juntan tangencialmente mientras que en la entrevía dichos ejes se cortan. Para efectuar la separación o el cruce de unas y otras filas de los

²⁷ Fuente: Referencia [16]

carriles se emplean dos elementos, llamados cambios de vía y cruzamientos. Así en un desvío sencillo o de dos vías, y a partir del origen común de las vías, se encuentran sucesivamente el cambio, en el que se separan ambas filas de la izquierda y ambas filas de derecha; los rieles o agujas de unión, y el cruzamiento, en el que las dos filas interiores, una de derecha y otra de izquierda, se cruzan.

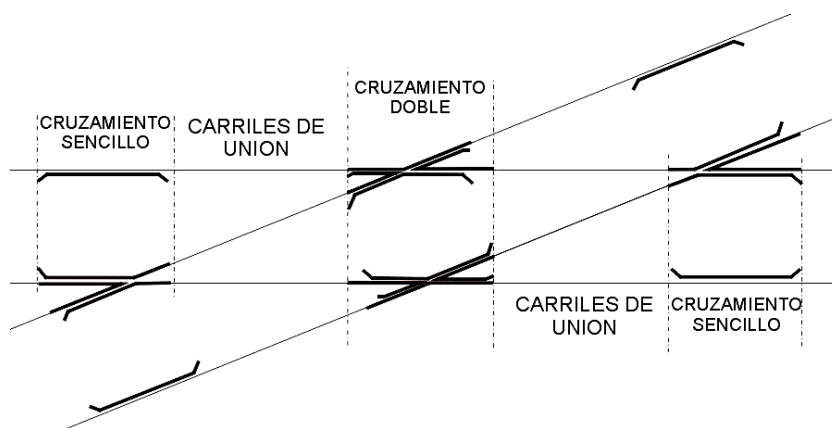


Fig. 2.26. Cruzamiento doble o entrevía oblicua.²⁸

En una entrevía oblicua se encuentran sucesivamente: un cruzamiento sencillo, análogo al anterior, en el que se cruzan filas de rieles de distinto nombre, es decir, la fila de la derecha de la vía izquierda con la fila de la izquierda de la vía derecha; rieles intermedios de unión; un cruzamiento doble, frente a la intersección de los ejes de ambas vías, compuesta sobre cada vía por un doble cruzamiento, llamado también cruzamiento obtuso, en el que se cruzan filas del mismo nombre; nuevos carriles de unión; finalmente, un cruzamiento de salida análogo al cruzamiento de entrada como se muestra en la figura 2.26.

²⁸ Fuente: Referencia [8]

2.9. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA FERROVIARIO EN LA COMPAÑÍA SIDERURGICA HUACHIPATO

El actual sistema ferroviario en Huachipato es administrado por el Departamento Tráfico y Muelle el cual tiene bajo su responsabilidad la mantención, reparación y operación de todos los equipos y la prestación de servicios.

La red ferroviaria se divide en dos grandes grupos que son aquellas vías que van sobre plataforma conformada por áridos y aquellas vías que van sobre losa de hormigón armado, estas últimas son todas aquellas que ingresan a los edificios de producción.

EXTENSIÓN DE LA VÍA

La longitud de vía de las redes esta especificada en la tabla 2.4.

<i>Red</i>	<i>Kilómetros de vía</i>
<i>Red Sobre Plataforma</i>	<i>40</i>
<i>Red Sobre Hormigón</i>	<i>2,5</i>
<i>Total</i>	<i>42,5</i>

CARACTERÍSTICAS DEL RIEL

- ▶ **Peso del riel:** 37.5 kilos promedio por metro.
- ▶ **Número de durmientes:** 1,460 unidades por kilómetro
- ▶ **Soporte de la vía:** 20 toneladas por eje.

2.10. VEHÍCULO TRACTIVO (LOCOMOTORA)

Entre los principales vehículos de tracción podemos citar a los más comunes como ser las locomotoras a vapor, diesel-eléctricas y eléctricas. En cuanto a las locomotoras de vapor , como la figura 2.27, que son las locomotoras mas antiguas entre las tres mencionadas, su capacidad de tracción queda limitada por la capacidad de la caldera.

Asimismo la capacidad de las locomotoras eléctricas queda limitada por la capacidad de la línea de transmisión que a pesar de ser una fuente exterior casi ilimitada, presenta la gran desventaja de la necesidad de construir líneas de transmisión e instalar subestaciones eléctricas, lo que eleva el costo de las mismas. Las locomotoras eléctricas, son muy útiles en las zonas montañosas ya que pueden ejercer la fuerza total de tracción a velocidades más elevadas comparadas con las velocidades de las locomotoras Diesel-Eléctricas.



Fig. 2. 27 Locomotora a vapor.²⁹

El empleo de las locomotoras diesel - eléctricas y de las eléctricas en las líneas del ferrocarril (principalmente las primeras por ser más económicas), ha eliminado hoy día, prácticamente, a las locomotoras de vapor. Esta preferencia es debida, principalmente, a la gran fuerza de tracción de baja velocidad que tienen las locomotoras diesel - eléctricas y además, a la economía en el funcionamiento de las mismas. La potencia normal de la máquina viene dada por la clasificación del fabricante.



Fig. 2. 28 Locomotora eléctrica.³²

Las locomotoras diesel - eléctricas tienen tres partes principales:

- ▶ El motor diesel.
- ▶ El generador.
- ▶ Los motores de tracción.

El motor diesel es el que produce la energía, la cual es transformada por el generador, conectado directamente al motor diesel, en energía eléctrica, la cual es transmitida a los motores de tracción para así accionar las ruedas motrices a través de un tren de engranajes llamado caja de grasas. El generador está proyectado para que pueda producir, simultáneamente, tanto corriente continua para los motores de tracción, como corriente alterna para iluminación, compresor de aire, motores eléctricos, etc.



Fig. 2. 29 Locomotora Diesel-Eléctrica.³⁰

²⁹ Fuente: Referencia [16]

³⁰ Fuente: Referencia [16]

Huachipato posee en su parque ferroviario este tipo de locomotoras, diese l - eléctricas, con cuatro motores de 100 HP para el tipo 823-824 y 4 motores de 80 HP para el tipo 821-822, siendo estas locomotoras las de mayor requerimiento.

El la Tabla 2.5. se muestra el parque ferroviario de que dispone la planta Huachipato para prestar servicio a todos los departamentos de producción

Tabla 2. 5 Equipo Ferroviario Compañía Siderúrgica Huachipato

Equipos	Peso (ton)	Arrastre (ton)
Locomotora 802-803-804-806	45	450
Locomotora 821-822	45	450
Locomotora 821-822	65	650
Locomotora 823-824	80	800
Locomotora 835	85	850
Grúa Carril	100	
Cucharas Torpedo	300	
Carros	80	

LOCOMOTORAS DIESEL-ELÉCTRICAS Y ELÉCTRICAS

Se construye en la actualidad una gran cantidad de locomotoras diesel - eléctricas. El método más usual para describir es siguiendo dos reglas básicas. La primera es que las ruedas no se identifican individualmente y la segunda es que a los ejes locos³¹ o de arrastre se le asignan números, en cambio a los ejes motrices se los designa con letras. La letra o el número hacen referencia al número de ejes del boguie.

En la figura 2.30. se ilustran locomotoras con ejes B-B, que simbolizan boguies motrices con ejes acoplados, Bo-Bo y Co-Co, que son los tipos de locomotoras diesel-eléctricas más frecuentes. Así, la locomotora 1-Bo-Bo-1 representa una locomotora con cuatro boguies, el primero tiene un eje loco, seguido de dos boguies con dos ejes motrices cada uno en el centro del automóvil y un último boguie que tiene un eje loco al final del vehículo. En la figura 2.30 se ilustran las locomotoras Bo-Bo y Co-Co respectivamente.

³¹ Se denomina *eje loco* a los ejes sin tracción que sirven para el guiado de los ejes motrices, especialmente en las curvas

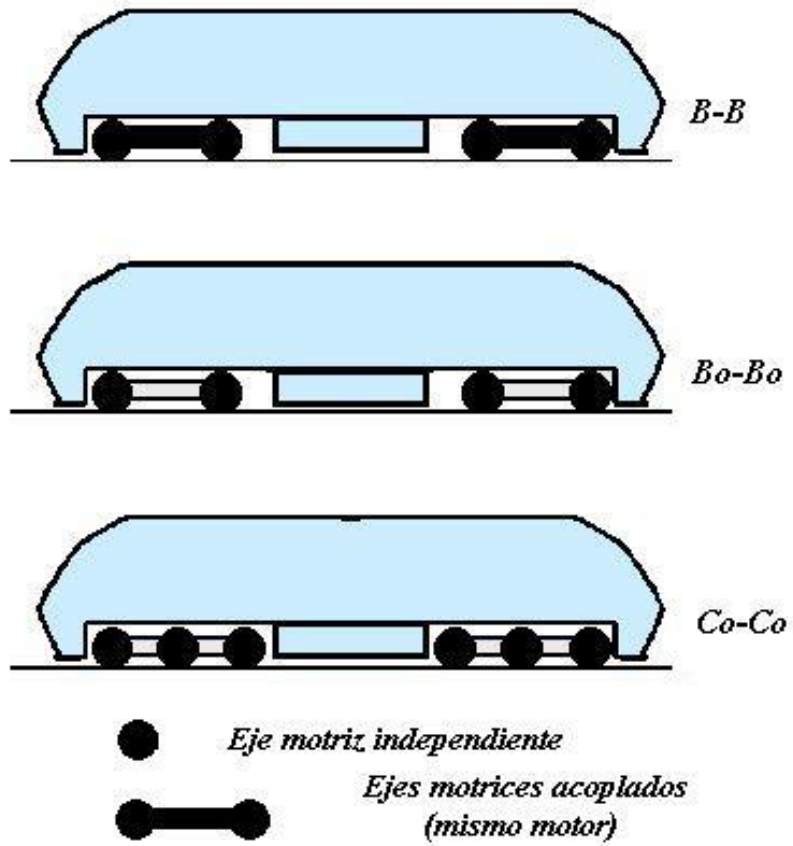


Fig. 2. 30 Tipos de Locomotoras

CAPÍTULO 3

3. RESISTENCIA AL MOVIMIENTO

3.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la capacidad de tracción de locomotoras, supone el conocimiento de las nociones básicas referentes a sus condiciones de utilización y a las condiciones de trazado de los trenes. Tales condiciones pueden estudiarse a través del análisis de los siguientes aspectos:

- ▶ Los esfuerzos resistentes debido al movimiento en función a una velocidad dada.
- ▶ Las limitaciones del esfuerzo de tracción ejercidas en la rueda a una velocidad dada, a causa de la adherencia global de las locomotoras.
- ▶ El esfuerzo de tracción necesario en velocidad (noción de potencia de las locomotoras).

3.2. LOS ESFUERZOS RESISTENTES

Los esfuerzos resistentes son una composición de esfuerzos para un tren (locomotora + material remolcado) producida a una velocidad constante. Esta composición se da de la siguiente manera:

- ▶ La suma de resistencias de cualquier naturaleza que, en línea recta y horizontal, se oponen al movimiento del tren (resistencia normal al movimiento).
- ▶ La resistencia ocasional debido a curvas y la gradiente.
- ▶ Los esfuerzos de inercia de las grandes masas (en los arranques y aceleraciones).

3.3. RESISTENCIA EN RECTA Y HORIZONTAL

Esta resistencia, contrariamente al movimiento del tren en recta y horizontal, constituye una fuerza retardadora que depende del tipo, peso, velocidad del tren, y de las condiciones del camino o vía, siendo básicamente provenientes de los atributos internos de los vehículos, del atributo de las ruedas con barras y de la resistencia del aire. Depende también del carácter constructivo ya sea de la vía como del mismo vehículo.

Así se denominara a r_I como la resistencia específica en recta y horizontal normal al movimiento del tren. Se deberá tener en cuenta para el cálculo que el tren consta de locomotoras y vagones, de manera que sus pesos, tendrán un efecto diferente en el cálculo de la Resistencia total en recta y horizontal del tren.

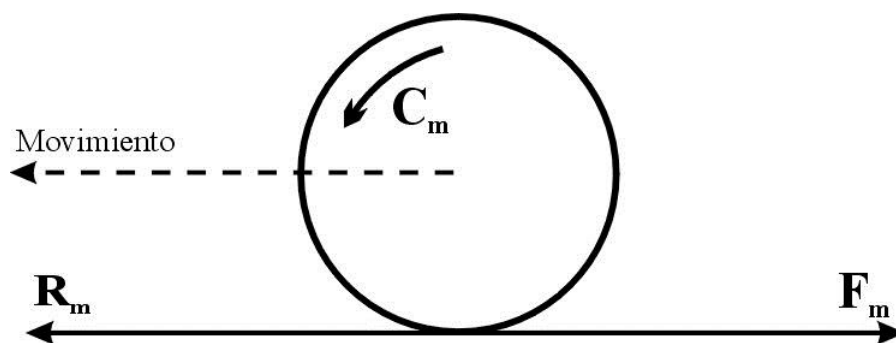


Fig. 3. 1 Resistencia en recta y horizontal¹

¹ Fuente: Referencia [4]

Entonces en recta y horizontal, las resistencias que debe vencer el tren para entrar en movimiento son las resistencias debidas a la rodadura de la rueda sobre el riel, la resistencia en las cajas de grasa de las ruedas, resistencias debidas a choques en las juntas, pérdidas de energía en enganches y suspensiones además del rozamiento de las pestañas de las ruedas sobre los rieles y las resistencias del aire, que son las mas representativas. En general, la resistencia especifica global podrá ser calculada por formulas practicas que consideran los factores de influencia anteriormente descritos, resumiéndose en la ecuación [3.1], que depende de algunos coeficientes relativos al tipo de vehículo que se quiera calcular.

$$r_N(V) = a + bV + cV^2 \quad [3.1]^2$$

Donde:

a = Coeficiente que representa los efectos de rodadura y resistencia en las cajas de grasa

b = Engloba la influencia de los choques en las juntas de la vía y las perdidas de energía.

c = Representa la influencia del aire.

² En lo posterior, el subíndice N de la ecuación, que hace referencia a la dirección normal al movimiento, será reemplazado por el subíndice 1 , para la locomotora, o por v , para los vagones.

En los apartados siguientes, presentamos algunas fórmulas para el cálculo de la resistencia específica³ normal al movimiento del tren.

3.3.1. FÓRMULAS DE J. DAVIS

Estas fórmulas son resultado de los ensayos logrados por el Ing. W. J. Davis Jr. de la General Electric⁴. En lo posterior, las ecuaciones [3. 2] y [3. 4], serán las de uso general para el cálculo de las resistencias en recta y horizontal.

- ▶ Para locomotoras:

$$r_N = 0.65 + \frac{13.15}{p} + 0.00932 \cdot V + 0.00456 \frac{A}{P} \cdot V^2 \quad [3. 2]$$

- ▶ Para carros de pasajeros:

$$r_N = 0.65 + \frac{13.15}{p} + 0.00932 \cdot V + 0.000645 \frac{A}{P} \cdot V^2 \quad [3. 3]$$

- ▶ Para Vagones de carga:

- ▶ Con caja grasera - cojinetes:

$$r_N = 0.65 + \frac{13.15}{p} + 0.01398 \cdot V + 0.0009428 \frac{A}{P} \cdot V^2 \quad [3. 4]$$

- ▶ Con rodamiento de barras:

³ Resistencia específica, es la resistencia por unidad de peso.

⁴ Empresa dedicada a la construcción de material rodante

$$r_N = 0.30 + \frac{9.07}{p} + 0.00311 \cdot V + 0.012262 \frac{A}{P} \cdot V^2 \quad [3.5]$$

Donde:

r_N = Resistencia normal especifica [Kg/Ton].

p = Peso por eje del vehículo [Ton].

P = Peso total del vehículo⁵ [Ton].

A = Área de la sección frontal del vehículo [m²].

V = Velocidad [km/h].

3.3.2. FÓRMULAS DE LA SOCIEDAD NACIONAL DE CAMINOS DE FIERRO DE FRANCIA (SNCF)

► Para locomotoras:

$$r_N = 0.65 + \frac{13}{p} + 0.01 \cdot V + 0.03 \frac{V^2}{P} \quad [3.6]$$

► Para carro de pasajeros:

⁵ Como la diferencia entre los números que experimenta la masa de un cuerpo en toneladas y su peso en tonelada-fuerza (debido a la variación de la aceleración de la gravedad con la latitud y la altitud) es inferior a 0,5 %, se admitirá que el mismo número (representado por P) represente la carga total (masa) en toneladas y el peso total del vehículo en toneladas-fuerza.

$$r_N = 1.5 + \frac{V^2}{4500} \quad [37\text{Ton} \leq P \leq 42\text{Ton}] \quad [3.7]$$

▶ Para vagones:

▶ Carga media de 10 Ton / eje

$$r_N = 1.5 + \frac{V^2}{1600} \quad [3.8]$$

▶ Carga media de 18 Ton / eje

$$r_N = 1.2 + \frac{V^2}{4000} \quad [3.9]$$

▶ Carga media de 25 Ton / eje

$$r_N = 1.1 + \frac{V^2}{5500} \quad [3.10]$$

▶ Vagón vacío:

$$r_N = 2.25 + \frac{V^2}{1200} \quad [3.11]$$

▶ Para locomotoras:

$$r_N = 0.9174 + \frac{9.174}{p} + 0.003058 \cdot V + 0.004485 \frac{V^2}{P} \quad [3.12]$$

▶ Para vagones:

$$r_N = 0.9174 + \frac{9.174}{p} + 0.003058 \cdot V + 0.0265 \frac{V^2}{P} \quad [3.13]$$

3.3.3. FORMULAS DE K. SACHS & F. GERBER

► Para locomotoras:

$$r_N = 3 + 0.35 \frac{A}{P} \cdot \left(\frac{V + 12}{10} \right)^2 \quad [3.14]$$

► Para vagones:

$$r_N = 2 + \left(\frac{V + 12}{4000} \right)^2 \quad [3.15]$$

Donde:

r_N = Resistencia normal especifica [Kg/Ton]

p = Peso por eje del vehículo [Ton]

P = Peso total del vehículo [Ton]

A = Área de la sección frontal del vehículo [m²]

V = Velocidad [km/h]

Dada la inexistencia de ensayos específicos para la determinación de un mejor modelo matemático que se adapte a las condiciones actuales de nuestros ferrocarriles, serán utilizadas las fórmulas de W. J. Davis Jr., que corresponde a los materiales que son usados en Sudamérica.

Entonces, la resistencia total en recta y horizontal estará dada por la ecuación [3.16].

$$R_l = R_l + R_v \quad [3.16]$$

$$R_l = r_l \cdot P_l \quad [3.17]$$

$$R_v = r_v \cdot Q \quad [3.18]$$

Para hallar el valor de peso de los vagones tendremos:

$$Q = N_v \cdot P_v ; \quad [3.19]$$

Donde:

R_l = Resistencia total de la locomotora en recta y horizontal [Kg].

R_v = Resistencia total de los vagones en recta y horizontal [Kg].

P_l = Peso de la locomotora [Kg].

P_v = Peso de el vagón [Kg].

Q = Peso de los vagones. Será igual al peso del vagón por el numero de vagones en el tren considerado [Kg].

N_v = Numero de vagones.

3.4. RESISTENCIAS LOCALES

Se pueden llamar resistencias locales, a las producidas ya sea por los efectos de las gradientes que existen en un trazado, como por los esfuerzos que se producen en las curvas. Por tanto, tales resistencias son propias de la topografía del trazado que tiene la vía en consideración.

3.4.1. RESISTENCIA POR GRADIENTE

La resistencia específica en gradiente será denominada r_2 y su valor dependerá de la diferencia de niveles entre dos puntos cualesquiera del trazado. La resistencia total por gradiente será proporcionada por el peso del tren, del cual el componente debe tomarse paralelamente a la vía, es decir:

$$R_g = G \cdot \sin \theta$$

En la Fig. 3.2, están representados los componentes de las fuerzas que se tomarán en consideración para cálculo de la resistencia por gradiente, los que estarán en función de la gravedad.

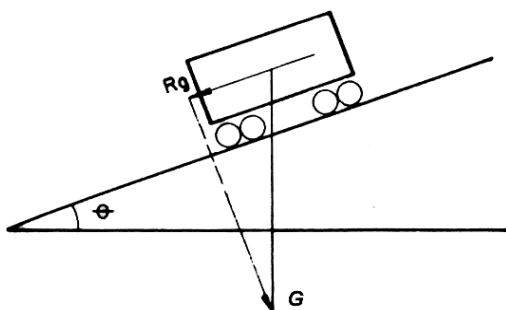


Fig. 3. 2 Diagrama de fuerzas en gradiente⁶

Donde:

⁶ Fuente: Referencia [4]

R_g = Resistencia total en gradiente debida al peso.

θ = Angulo que el camino hace con el plano horizontal.

G = Peso del tren.

Para todos los declives encontrados en tracción por simple adherencia⁷, se puede reemplazar el $\sin\theta$ como la $\tan\theta$ como la inclinación α de vía, la que normalmente se expresa en tanto por mil (‰), mm/m ó Kgf/Ton.

Así se tiene que:

$$R_g = G \cdot \sin\theta = G \cdot \tan\theta \quad [3. 20]$$

$$R_g = G \cdot \alpha \quad [3. 21]$$

La resistencia especifica debida a la gradiente será por consiguiente:

$$r_g = \alpha = r_2 \quad \text{ó} \quad r_2 = i \quad [3. 22]^8$$

Donde:

i = Gradiente del terreno expresada en tanto por mil (‰).

Por tanto, la resistencia total por gradiente será:

$$R_2 = R_g = G \cdot r_2 = (P_l + Q) \cdot i \quad [3. 23]$$

⁷ El termino adherencia y su influencia en el cálculo, será explicado en subtítulos posteriores

⁸ Para el calculo de la resistencia total se debe utilizar la gradiente mas desfavorable en el trazado considerado.

Donde:

G = Peso del tren. Peso de locomotora más vagones.

3.4.2. RESISTENCIA POR CURVATURA

La resistencia en curva proviene de los atributos resultantes de la solidaridad entre las ruedas y los ejes y también del paralelismo de los ejes en los vagones. Estos atributos causan pérdidas que son traducidas por una resistencia que depende principalmente del radio de curva y de la trocha de la vía. La resistencia específica por curvatura se denomina r_c y esta dada por la fórmula de Desdovits:

$$r_c = \frac{500 \cdot b}{R} \quad [3.24]$$

Donde:

r_c = Resistencia específica en curva (Kg/Ton).

b = Trocha de la vía (m). También se designa T a la trocha según otras literaturas.

R = Radio de curva (m).

La resistencia total por curvatura estará dada por la ecuación [3.25]

$$R_c = r_c \cdot P_l \quad [3.25]$$

3.4.3. RESISTENCIA COMBINADA

Las resistencias debidas a las rampas y curvas, son normalmente expresadas por un termino único r_{gc} , denominado de resistencia combinada de rampa y curva dado por:

$$r_{gc} = r_c \pm r_g = r_{gc} = r_3 \pm r_2 \quad [3. 26]$$

Donde:

$r_g = r_2 = i$ = Resistencia especifica por gradiente.

La resistencia específica r_g también llamada r_2 o i , dependerá como ya se menciona de la gradiente que será desfavorable en subidas y favorable o no en bajadas.

3.5. RESISTENCIA DE INERCIA

La resistencia especifica de inercia, dependerá fundamentalmente de los atributos de aceleración – velocidad de las locomotoras. La fórmula elemental de la dinámica muestra que para acelerar una masa M o G con una aceleración γ que depende del tipo de locomotora que se este considerando, es necesario desarrollar un esfuerzo $M\gamma$.

En el caso de tracción de trenes, los cálculos de los esfuerzos de aceleración (esfuerzo útil) serán hechos para la expresión:

$$R_4 = (1 + K) \cdot G \cdot \gamma \quad [3. 27]$$

que utilizando las unidades usuales forma:

$$R_4 = 28.32 \cdot (1 + K) \cdot G \cdot \gamma \quad [3. 28]$$

Donde:

R_4 = Esfuerzo útil o resistencia total de inercia [Kgf]

G = Peso del tren⁹

K = Coeficiente de grandes masas, con los siguientes valores:

- ▶ para las locomotoras: $0.1 \leq K \leq 0.3$
- ▶ para el material remolcado: $0.02 \leq K \leq 0.1$

La fuerza dada por $R_4 = 28.32 \cdot K \cdot G \cdot \gamma$, corresponde al incremento del esfuerzo debido a la inercia de las grandes masas del tren. En general, se adopta $K = 0.1$, resultando:

$$R_4 = 31.1 \cdot G \cdot \gamma \quad [3. 29]$$

Para casos prácticos se utilizarán los valores de resistencia específica de inercia que dependerán del tipo y funcionalidad del locomotor. En la tabla 3.1. se presenta una tabla para los valores de resistencia específica de inercia de acuerdo al tipo de vehículo.

Tipo de Vehículo	r_4 [Kg/Ton]
<i>Trenes de carga</i>	<i>2 a 3</i>
<i>Trenes de pasajeros de larga distancia</i>	<i>5 a 6</i>
<i>Trenes sub – urbanos de pasajeros</i>	<i>15 a 20</i>
<i>Trenes eléctricos</i>	<i>70 a 80</i>

Tabla 3. 1 Resistencia específica de Inercia¹⁰

La resistencia total de inercia será calculada como:

⁹ Peso del tren es igual al peso de un vagón por su cantidad mas el peso de la locomotora (P_1+Q).

¹⁰ Fuente: Referencia [10]

$$R_4 = r_4 \cdot G$$

$$R_4 = r_4 \cdot (P_l + Q) \quad [3. 30]$$

Las resistencias totales R_2 (gradiente) y R_4 (inercia), serán calculadas para el peso total del tren (P_l+Q), en cambio que la resistencia total R_c (curva) será calculada para el peso de la locomotora únicamente.

3.6. MATERIAL MOTOR

3.6.1. GENERALIDADES

Un ferrocarril, así como los otros medios de transporte, ejercen una acentuada influencia en el tipo de vida del hombre moderno. Sus características cuando, bien exploradas, pueden conducir a la mejora del padrón de vida del hombre, así como a la conservación de los recursos de energía.

A continuación se aborda un tema de la ingeniería ferroviaria que busca fundamentalmente, una mejor exploración de los recursos disponibles en el ferrocarril, en términos de material de tracción, que busca el incremento de su productividad, para que así se consiga alcanzar de una manera eficaz los objetivos del ferrocarril. El conocimiento de la capacidad real de tracción de las locomotoras, es un factor fundamental para cualquier tipo de planificación operacional del ferrocarril.

El estudio de la capacidad de tracción de locomotoras, supone el conocimiento de nociones básicas referentes a sus condiciones de utilización, sean ellas, las condiciones de trazado de los trenes. Tales condiciones pueden estudiarse a través del análisis de los siguientes aspectos:

- ▶ Los esfuerzos resistentes debidos al movimiento de un tren a una velocidad dada
- ▶ Las limitaciones del esfuerzo de tracción ejercidas en la rueda a una velocidad dada, a causa de la adherencia global de las locomotoras.
- ▶ El esfuerzo de tracción necesario en velocidad (noción de potencia de las locomotoras).

3.7. ESFUERZO DE TRACCIÓN

3.7.1. NOCIONES DE ADHERENCIA

La adherencia impone un límite al esfuerzo de tracción ejercido en los aros de las locomotoras a una velocidad dada. Si este límite es superado, los ejes patinan y la locomotora tiene su desempeño comprometido.

Considerando un esfuerzo de tracción C_m , como se muestra en la figura 3.1 ejercido sobre el eje. En el aro de la rueda, este esfuerzo se traduce en una fuerza tangencial F_m . Si la locomotora avanza adelante, es porque tal fuerza tangencial encuentra en la barra un apoyo, o

sea, una reacción igual y de sentido contrario que constituye un apoyo horizontal R_m , la existencia de este apoyo hace que ocurra un deslizamiento de la rueda, que se denomina de *adherencia*.

La adherencia de la rueda sobre el riel será mayor cuanto mayor sea el peso que apoya la rueda sobre el riel, conforme indica la expresión:

$$F = \mu \cdot P \quad [3.31]$$

El coeficiente μ se define como el *Coefficiente de Adherencia*, y esta dado por la relación entre el esfuerzo máximo que puede aplicarse en el rueda sin patinar y la carga vertical que la rueda soporta.

Existirá adherencia mientras el esfuerzo en la rueda sea inferior al valor del máximo dado para la ecuación [3.31]. A medida que este límite es superado, ocurre la ruptura de adherencia y la rueda empieza a resbalar en el riel. La reacción del riel en la rueda (R_m) cae a un valor inferior a los dados para la ecuación [3.31], incrementando la aceleración de rotación del eje, ocurriendo por consiguiente, el patinaje.

El esfuerzo de tracción máximo de una locomotora dependerá, por consiguiente, de su coeficiente de adherencia global.

Existen otros factores que hacen que el coeficiente de adherencia global de una locomotora varíe de una máquina para otra. La influencia de algunos de estos factores crece con el aumento de la velocidad y haciendo que haya una reducción en el coeficiente de adherencia global de una locomotora, en función de la velocidad. Estos factores por ejemplo son:

- ▶ Fluctuación de las cargas por eje (carga suspendida).
- ▶ Masas no suspendidas (aceleraciones verticales y choques laterales).
- ▶ Calidad de la vía.
- ▶ Efecto de carenado de la locomotora.
- ▶ Acoplamiento de los ejes motores.
- ▶ Estabilidad general de la maquina.
- ▶ Esquema eléctrico de la potencia.

Varios ensayos fueron realizados de manera que se pueda determinar, en condiciones reales de utilización, tanto el coeficiente de adherencia de un eje aislado como el coeficiente de adherencia global de las locomotoras. Algunos de los resultados son presentados en la Fig. 3.3.

3.7.2. DETERMINACIÓN EXPERIMENTAL DE LAS CURVAS DE ADHERENCIA

Se han realizado numerosos ensayos para determinar la adherencia de las ruedas de los vehículos a la superficie de rodado de los rieles. Graficando los resultados de los esfuerzos de

tracción inmediatamente anteriores al patinaje, para diferentes velocidades. De estos ensayos se obtiene una nube de puntos que cubre una inmensa región de dispersión del plano *Esfuerzo vs Velocidad*. Esta región está limitada por dos envolventes correspondientes a las condiciones de adherencia con el riel seco y mojado respectivamente, pudiéndose deducir una curva media $\mu_{(v)}$ como se indica en la figura 3.4.

Para las necesidades prácticas, es razonable considerar curvas medias de adherencia. Evidentemente, tal consideración proporciona riesgos por definición. Así, siempre que la seguridad de la locomotora no esté en juego o que está no llegué a un desarrollo comprometido, se puede asumir las curvas promedio de adherencia para el cálculo del esfuerzo máximo de tracción disponible en el aro de las locomotoras.

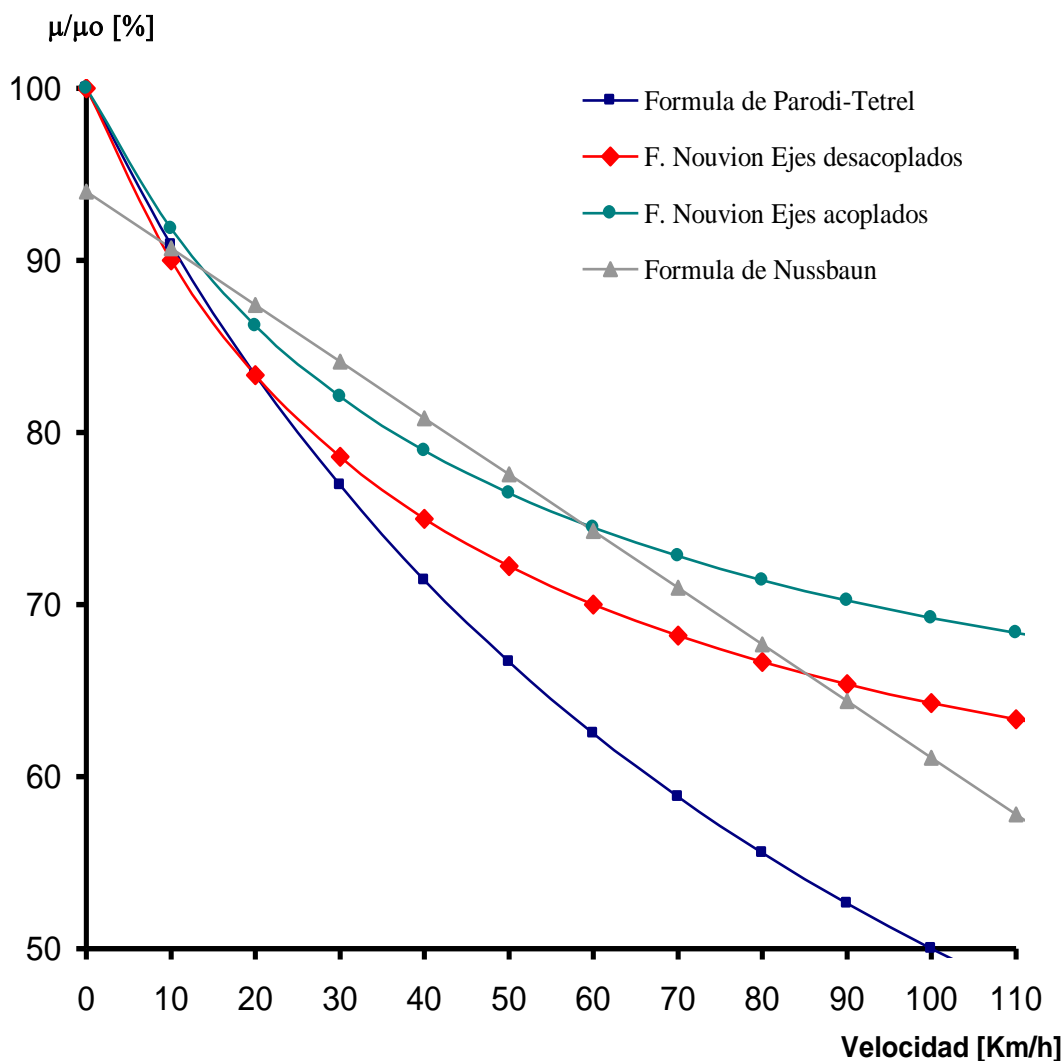


Fig. 3.3 Coeficiente de adherencia en función de la velocidad¹¹

El cálculo del coeficiente de adherencia fue propuesto por varios autores. Tales como F. Nouvion, Parodi-Tretel y F. Nussbaun, las relaciones relativas a la variación del coeficiente de adherencia en función de la velocidad y a los coeficientes iniciales μ_0 , los cuales dependen del tipo de locomotor como se mostrara en la tabla 3.2, son:

¹¹ Fuente: Referencia [4]

▶ F. Nouvion

▶ Para ejes desacoplados:

$$\mu = \mu_0 \cdot \frac{8 + 0.1 \cdot V}{8 + 0.2 \cdot V} \quad [3.32]$$

▶ Para ejes acoplados:

$$\mu = \mu_0 \cdot \frac{8 + 0.1 \cdot V}{8 + 0.18 \cdot V} \quad [3.33]$$

▶ Parodi - Tetrel

$$\mu = \mu_0 \cdot \frac{1}{1 + 0.01 \cdot V} \quad [3.34]$$

▶ F. Nussbaun

$$\mu = \mu_0 \cdot \left(1 - \frac{D}{20}\right) \cdot \left(1 - 0.35 \frac{V}{100}\right) \quad [3.35]$$

Donde:

μ_0 = Coeficiente de adherencia inicial o en reposo

μ = Coeficiente de adherencia global

V = Velocidad en [Km/h]

D = Diámetro [m]

También se debe tomar en cuenta que el coeficiente de adherencia sufre una caída o reducción en las curvas según las expresiones:

- ▶ vía de trocha ancha con radios de curva ≥ 400 m

$$\mu = \mu_0 \cdot \left(1 - \frac{1500}{R^2}\right) \quad [3. 36]$$

- ▶ vía de trocha métrica con radios de curva ≥ 500 m

$$\mu = \mu_0 \cdot \left(1 - \frac{6000}{R^2}\right) \quad [3. 37]$$

- ▶ vía de trocha métrica con radios de curva < 500 m

$$\mu = \mu_0 \cdot \left(\frac{250 + 1.55 \cdot R}{500 + 1.10 \cdot R}\right) \quad [3. 38]$$

R = Radio de curvatura [m].

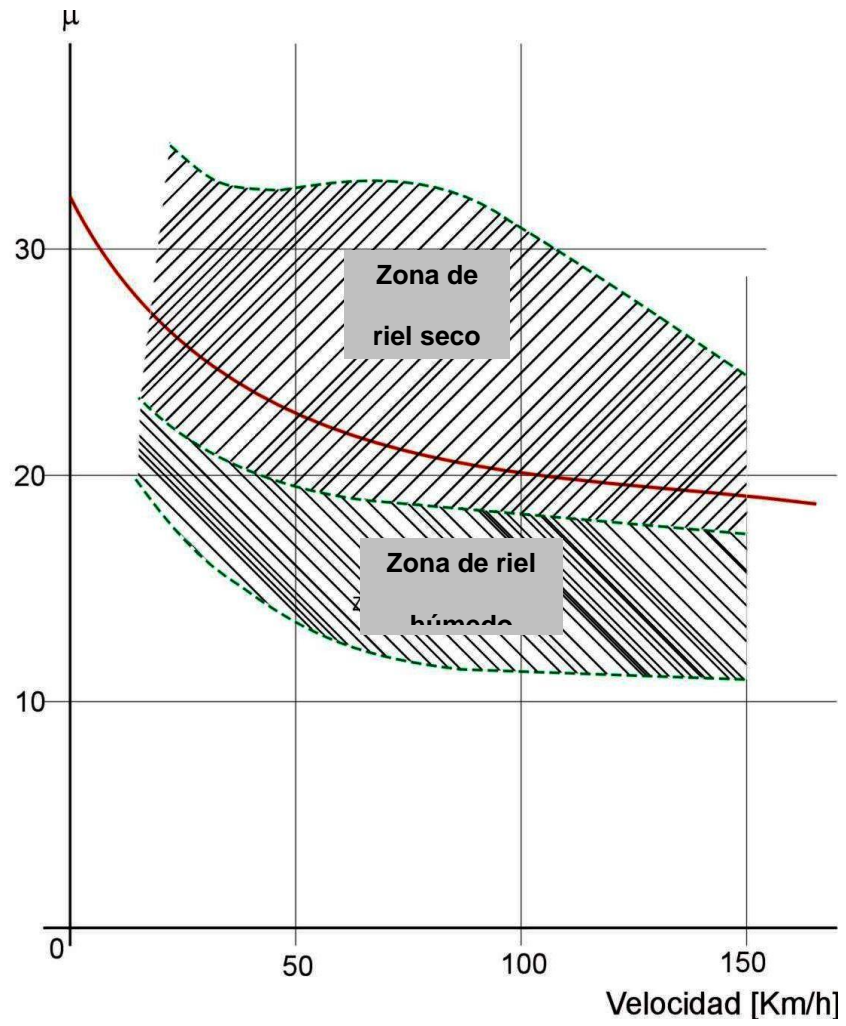


Fig. 3. 4 Coeficiente de adherencia inicial en función de la velocidad¹²

¹² Fuente: Referencia [4]

3.7.3. VALORES DEL COEFICIENTE DE ADHERENCIA

En la Tabla 3.2, se presentan valores del coeficiente de adherencia de locomotoras.

▶ Ferrocarriles Nacionales Del Japón - JNR

<i>Tipo de Locomotora</i>	μ_c
<i>Locomotora Diesel</i>	0.285
<i>Locomotoras Eléctricas de Corriente Continua</i>	
<i>Clásicas</i>	0.265
<i>Modernas</i>	0.292
<i>Locomotoras Eléctricas Monofásicas</i>	
<i>Clásicas</i>	0.326
<i>Modernas</i>	0.359

▶ Caminos de Fierro de la Federación Suiza – CFF

<i>Tipo de Locomotora</i>	μ_c
<i>Locomotora Clásicas</i>	0.20 a 0.24
<i>Locomotoras Modernas</i>	0.26 a 0.29

▶ Ferrocarriles Británicos – BR

<i>Tipo de Locomotora</i>	μ_c
<i>Locomotora con lijadoras</i>	0.34
<i>Locomotora sin lijadoras</i>	0.20

▶ Sociedad Nacional de Caminos de Fierro de Francia - JNR

<i>Tipo de Locomotora</i>	μ_c
<i>Locomotoras de Corriente Continua Clásicas</i>	
<i>Motores a Media Tensión</i>	0.25
<i>Motores a Plena Tensión</i>	0.27
<i>Locomotoras de Corriente Continua Modernas</i>	
<i>Truck Monomotor</i>	0.33
<i>Locomotoras Monofásicas</i>	
<i>Ejes Desacoplados</i>	0.33
<i>Ejes Acoplados</i>	0.35

► **Deutschen Bundesbahn – DB**

<i>Tipo de Locomotora</i>	μ_c
<i>Locomotora Monofásicas</i>	<i>0.33</i>
<i>Locomotoras Diesel</i>	<i>0.30</i>

Tabla 3. 2. Coeficiente de Adherencia Global¹³

3.7.4. NOCIONES DE POTENCIA DE UNA LOCOMOTORA

Considere una locomotora de 100 Ton, tal que el límite de adherencia sea mostrado en la figura 3.5, donde también están representadas las curvas de los esfuerzos resistentes para condiciones diferentes. Estas curvas representan los esfuerzos de tracción del considerado locomotor. En caso de que el tren se suponga en condiciones del régimen, esto es por ejemplo, la velocidad constante. En la misma ilustración se graficaron curvas escalonadas equipotenciales desde 500 Kw. a 4500 Kw. que representa la potencia de tracción en los aros de la locomotora.

¹³ Fuente: Referencia [4]

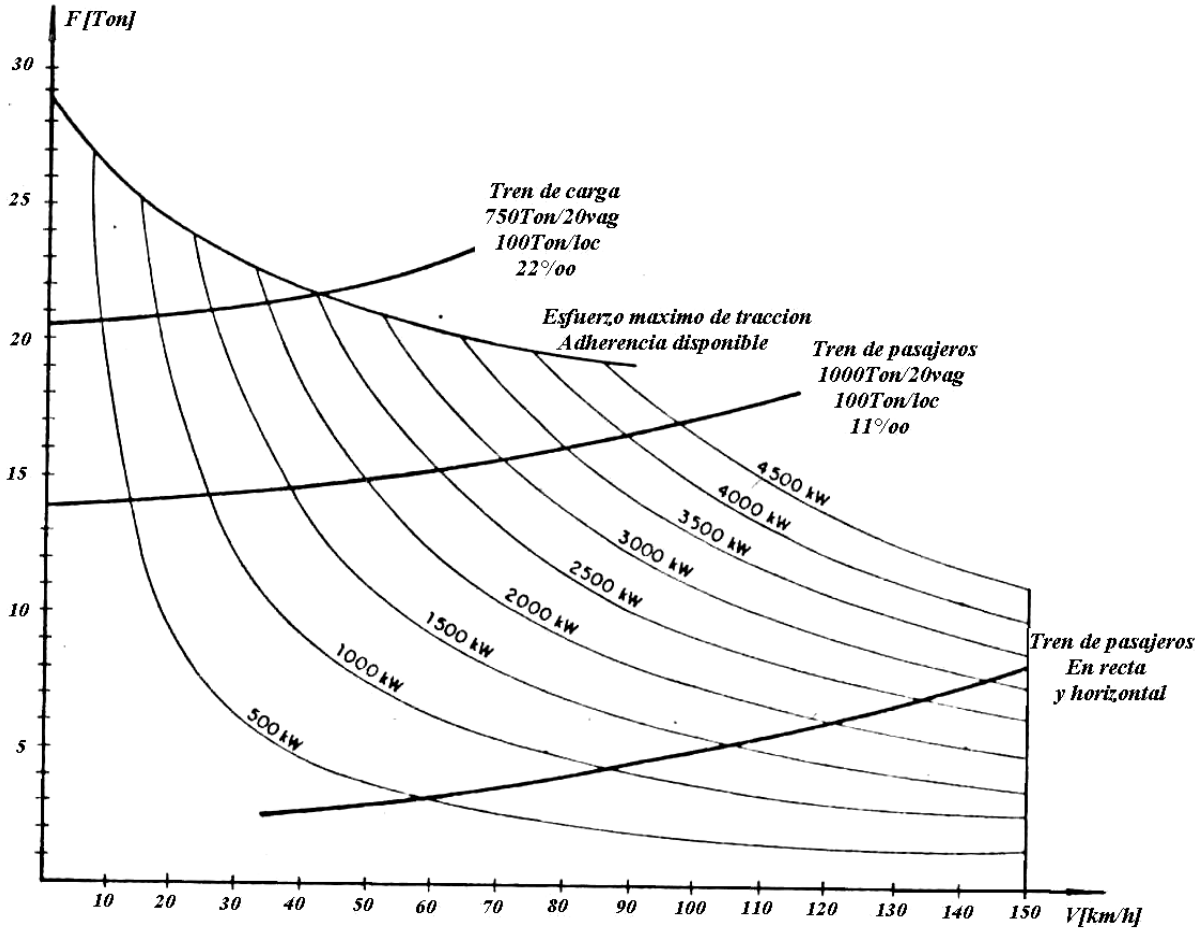


Fig. 3. 5 Coeficiente de adherencia inicial en función de la velocidad¹⁴

Analizándose la figura, se nota que para el caso de un tren de pasajeros de 100 Ton con 20 coches, en rampa de 11 ‰ no resulta ser el limite de adherencia de la locomotora que impone el límite del operación, sino, la potencia de tracción de la locomotora. Nótese que son necesarios por lo menos 3300 Kw. para remolcar este tren en línea recta y nivelar a una velocidad de 150 Km/h y 4100 Kw. para remolcarlo en rampa de 11 ‰ a 90 Km/h. Se puede concluir entonces que allí no existirán problemas del adherencia para los trenes de pasajeros,

¹⁴ Fuente: Referencia [4]

salvo que por razones de exploración, sea necesario aumentar el peso del tren significativamente en detrimento de la velocidad.

Para velocidades más altas ($> \text{Km/h}$), también se verifica que no habrá problemas de adherencia con los trenes de pasajeros, cuando el caso sea del tren TGV - Tren de Gran Vitesse cuyo esfuerzo necesario de tracción para mantenerlo a 300 Km/h, corresponde a 2 % de su peso adherente en cuanto que la adherencia constatada a esta misma velocidad supera 6 %.

Por otro lado, en el caso de un tren de carga, con 750 Ton para 40 bodegas en una gradiente de 22 ‰, viene a ser el límite de la locomotora considerada, no pudiendo superarse los 42 Km/h, en caso de que se considere una curva de adherencia promedio como límite para el esfuerzo de tracción de la locomotora. Nótese que para operar este tren en condiciones convenientes, es suficiente una potencia de tracción de solo 2500 Kw contra 4100 Kw necesario en el caso ejemplificado de los trenes de pasajeros.

Se concluye por consiguiente que para los trenes de cargas los límites estarán fijados por la adherencia, en tanto que para los trenes de pasajeros el límite es la potencia de tracción.

3.7.5. DIAGRAMAS

Como ya se menciona anteriormente, el plano de *Esfuerzo vs. Velocidad* llegará a ser la manera más práctica de visualizar los componentes relativos al movimiento de las

locomotoras, para así conseguir que el desempeño de la locomotora sea lo más eficiente posible sin estar comprometido su rendimiento. En la figura 3.6 esta representada la curva característica de una locomotora cualquiera, esto es el esfuerzo máximo de tracción disponible en el aro de la locomotora. También esta representada la curva de esfuerzos resistentes para cierto tipo de condiciones, es decir, un determinado peso de locomotora y carga, pendiente, curvatura del trazado, etc.

► CURVA DE ESFUERZOS RESISTENTES

Esta curva será calculada mediante las ecuaciones anteriormente descritas en los apartados 3.3 , 3.4 y 3.5, su representación se realizada para una sola gradiente, es así que para diferentes trazados que podrán tener distintas pendientes en su perfil, las curvas de esfuerzos resistentes de un mismo locomotor serán diferentes.

La resistencia total, por tanto, será la suma de las resistencias totales en recta y horizontal, en gradiente, por curvatura y por inercia de grandes masas, según:

$$R_T = R_{1l} + R_{1v} + R_2 + R_3 + R_4 \quad [3. 39]$$

La resistencia total por gradiente y por inercia, serán calculadas para el peso total del tren (P_l+Q), en cambio que la resistencia total por curvatura, será calculada para el peso de la locomotora únicamente.

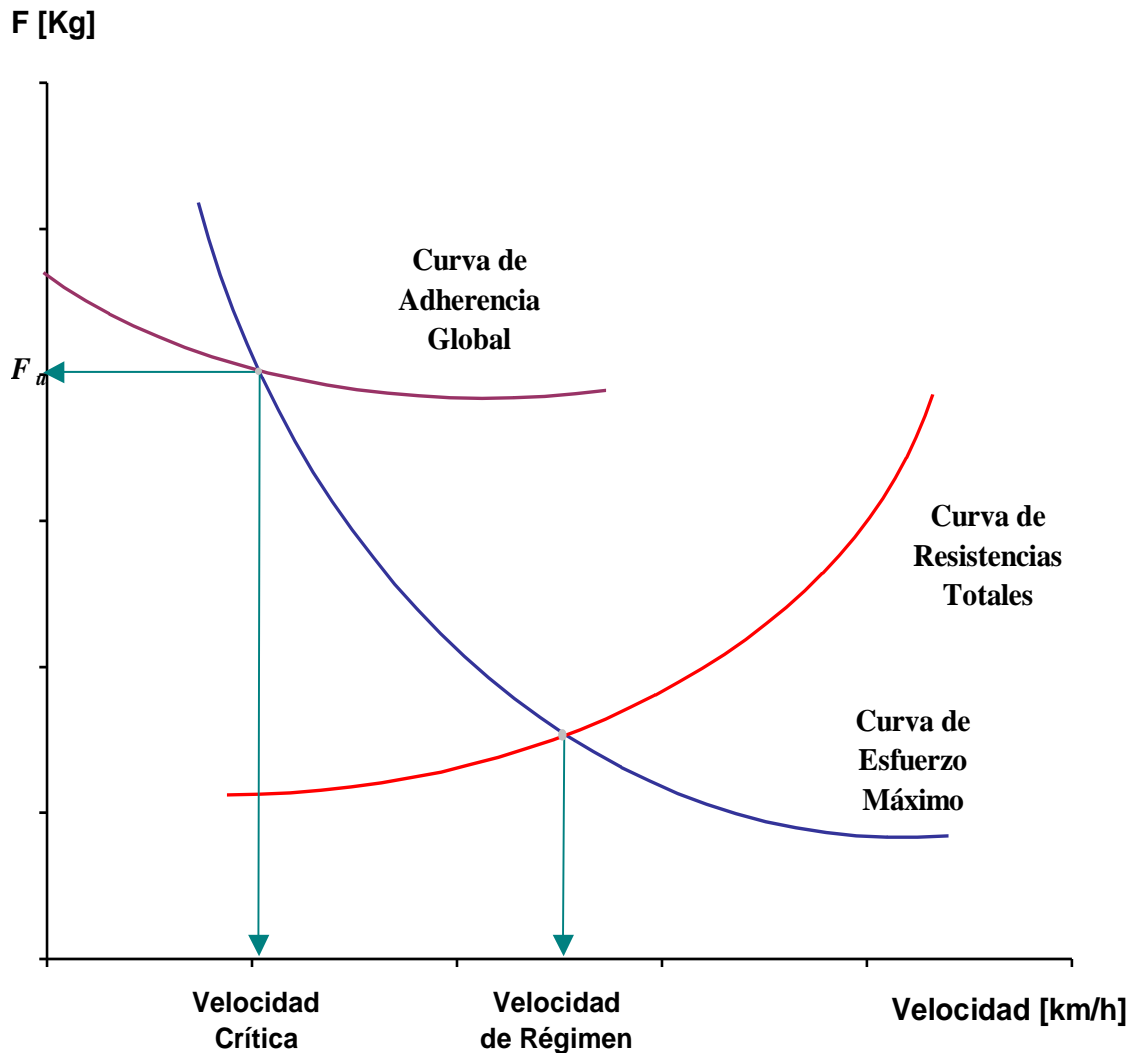


Fig. 3. 6 Grafico General Esfuerzo – Velocidad¹⁵

¹⁵ Las curvas representadas se han generado con propósitos ilustrativos y no representan a ningún material rodante en particular. Fuente: Referencia [10]

▶ VELOCIDAD CRITICA

La velocidad critica es aquella velocidad donde se consigue el esfuerzo de tracción máximo por simple adherencia. Es un valor teórico de cálculo, servirá para aproximaciones del peso de la carga máxima de arrastre del tren. El esfuerzo tractivo neto de la locomotora es máximo para la velocidad critica.

▶ VELOCIDAD DE RÉGIMEN

Es la velocidad que se usa para el diseño geométrico y será la máxima velocidad que desarrolla el vehículo circulando por una determinada topografía y donde el esfuerzo tractivo neto es cero. Gráficamente, la velocidad de régimen esta representada por el punto de intersección de la curva resistencia totales R_T y la curva de esfuerzos máximos F_u . El cálculo de esta velocidad se realizara mediante aproximación por tanteos sucesivos ya que esta en función de las resistencias en recta y horizontal de la locomotora y de los vagones, razón por la cual se debe asumir una velocidad tentativa que pueda servir para el cálculo adecuado.

3.8. POTENCIAS EN LA LOCOMOTORA

Para realizar la verificación de la potencia con la fuerza tractiva se partirá de la formula:

$$P = \frac{F \cdot V}{270}$$

Esta fórmula de potencia proporciona un resultado muy teórico, por tal motivo, en el cálculo de la potencia en los distintos sectores de la máquina que proporcionara el movimiento, se aplicaran coeficientes que reflejan el rendimiento óptimo del motor.

3.8.1. POTENCIA DE ADHERENCIA

El coeficiente de adherencia es máximo en el arranque, de esta manera se utiliza al máximo el esfuerzo que nos dé la locomotora. La potencia límite que impone la adherencia sobre el esfuerzo motor y las potencias aplicables a un eje, está dada por la ecuación [3.40] utilizando el esfuerzo máximo de adherencia, antes definido, que es igual a $F = P_a \cdot \mu$.

$$P_{adh} = \frac{P_a \cdot \mu}{270} \cdot \left(\frac{V}{1 + 0.01 \cdot V} \right) \quad [3.40]$$

Donde:

P_{adh} = Potencia de adherencia [Hp]

P_a = Peso de la locomotora [Kg]

F = Esfuerzo máximo teórico [Kg]

μ = coeficiente de adherencia

V = Velocidad [Kph]

3.8.2. POTENCIA EN LLANTA

Es la potencia medida en llanta y necesaria para realizar el trabajo en el gancho de la locomotora, que es el punto donde se reflejara el máximo esfuerzo tractivo, tomando en cuenta las perdidas de energía en las cajas de grasa y los rozamientos de los engranajes del motor y las transmisiones a los ejes.

$$P_{ll} = \frac{F_g \cdot V}{270} \quad [3.41]$$

Donde:

P_{ll} = Potencia en llanta [Hp].

F_g = Esfuerzo en el gancho.

3.8.3. POTENCIA DE RESISTENCIA

Es la potencia necesaria para superar la resistencia total al movimiento de la locomotora, producida en las cajas de grasa, en los engranajes y transmisiones del motor y los ejes. Esta en función al rendimiento del motor y a la resistencia que tendrá que sobrepasar para realizar el movimiento, según la ecuación [3.42].

$$P_r = \frac{R \cdot V}{270} \cdot \frac{k}{\eta} \quad [3.42]$$

Donde:

P_r = Potencia de resistencia [Hp].

R = Resistencia total de la locomotora [Kg].

η = Rendimiento del motor.

k = Coeficiente de servicios.

3.8.4. POTENCIA EN EL GANCHO

Es la diferencia de la potencia que ejerce la locomotora para realizar el movimiento y la potencia de resistencia a la que esta sometida. Es decir, es la potencia efectiva que llevara a cabo la locomotora para realizar el movimiento y será calcula con la ecuación [3.43].

$$P_g = P_u - P_r \quad [3.43]$$

Donde:

P_g = Potencia en gancho [Hp].

3.9. ESFUERZO TRACTIVO NETO ETN

De la figura 3.6, donde se muestra la curva de esfuerzo tractivo de una locomotora y la curva de esfuerzos totales, se puede deducir que mientras la curva de esfuerzo tractivo este sobre la de resistencia, la locomotora estará acelerando y el punto donde se cruzan las curvas, será conocido como el de velocidad de equilibrio o velocidad de régimen, que es la velocidad máxima admisible para la locomotora en esas condiciones.

Entonces el esfuerzo tractivo neto, ETN o ETW es la diferencia del esfuerzo máximo que se puede desarrollar en el aro de la locomotora y la resistencia de esa locomotora en recta y horizontal que ofrece la locomotora y los vagones, como se describe en la ecuación [3.44].

$$ETN = F_g - R_v \quad [3.44]$$

$$F_g = F_u - R_l \quad [3.45]$$

Donde:

ETN = Esfuerzo tractivo neto [Kg].

F_g = Fuerza tractiva [Kg].

R_l = Resistencia total de la locomotora en recta y horizontal [Kg].

R_v = Resistencia total de los vagones en recta y horizontal [Kg].

3.10. CAPACIDAD DE ARRASTRE

Llamada también, capacidad de tracción, es la cantidad máxima que se pueda transportar con el máximo número de vagones o vehículos sin que ello conduzca al calentamiento excesivo de los motores. Se definirá la capacidad de tracción de una locomotora como la máxima carga a ser remolcada, de tal manera que se garanticen las siguientes condiciones:

- ▶ La salida del tren en los puntos más críticos del perfil del trecho considerado.
- ▶ Operación del tren en las rampas mas pronunciadas y largas, a una velocidad de equilibrio que corresponde al punto de referencia de la locomotora.
- ▶ La garantía de seguridad en las rampas largas.
- ▶ Utilización de motores de tracción dentro de un rango de temperatura compatible con los límites establecidos por la clase de calentamiento de sus rodamientos.

Para el cálculo se toma en cuenta el Esfuerzo Tractivo Neto ETN, el cual dividido entre la resistencia específica en recta y horizontal de los vagones y de la resistencia en gradiente, proporcionara el peso o tonelaje al que nos referimos.

$$CA = \frac{ETN}{r_v + r_2} \quad [3. 46]$$

Donde:

CA = Capacidad e arrastre [Ton]

r_v = Resistencia específica en recta y horizontal de los vagones [Kg/Ton]

r_2 = Resistencia específica en gradiente [Kg/Ton]

CAPÍTULO 4

4. TEORÍA DEL DESCARRILAMIENTO

4.1. GENERALIDADES

En la medida que evolucionaron los trenes, se ha tratado de incrementar las velocidades de tránsito de los mismos, tratando al mismo tiempo de reducir el peso muerto de las locomotoras y vagones. Pero ocurre que a medida que se reduce el peso y se aumenta la velocidad disminuye la estabilidad de marcha y la seguridad al descarrilamiento en el sistema de guiado con rieles convencionales.

La seguridad contra el descarrilamiento entonces, se convierte en un estudio muy importante para la evolución del transporte por ferrocarril, de esta manera se ha considerado el análisis propuesto por los Ingenieros Nadal y C. Laffite, como las teorías del descarrilamiento, para determinar la mayor seguridad de circulación de los trenes.

Se recurre entonces a métodos que proporcionarían una reducción en los efectos dinámicos en caso de accidentes, procurando así mayor seguridad y menor daño usando una concepción estructural liviana.

4.2. TEORIA DEL DESCARRILLAMIENTO-FORMULAS DE NADAL Y LAFFITE

El análisis de la teoría del descarrilamiento y las relaciones o fórmulas de Nadal y Laffite, representan las consideraciones mínimas usadas clásicamente como criterio o definición para la seguridad de la circulación. Se pasará a explicar algunas de las consideraciones previas sobre la inscripción en curvas de los vehículos ferroviarios.

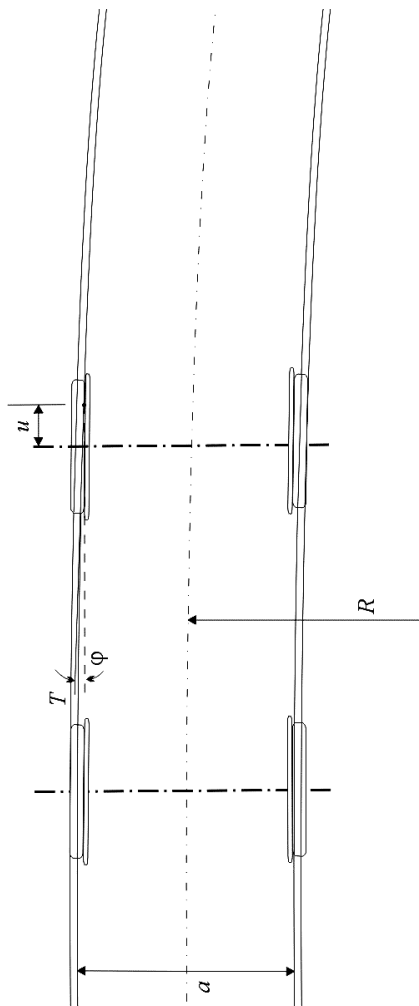


Fig. 4. 1 Posición extrema oblicua, limite de la marcha libre.¹

¹ Fuente: Referencia [3]

4.2.1. EL MATERIAL MÓVIL CLÁSICO EN MARCHA

Cuando un vehículo pasa de una alineación recta a una curva sigue la dirección rectilínea hasta que el borde de la pestaña de la rueda exterior delantera choca contra el riel exterior obligándolo a cambiar de dirección. Es ésta la llamada "posición extrema oblicua, límite de la marcha libre". Véase la figura 4.1.

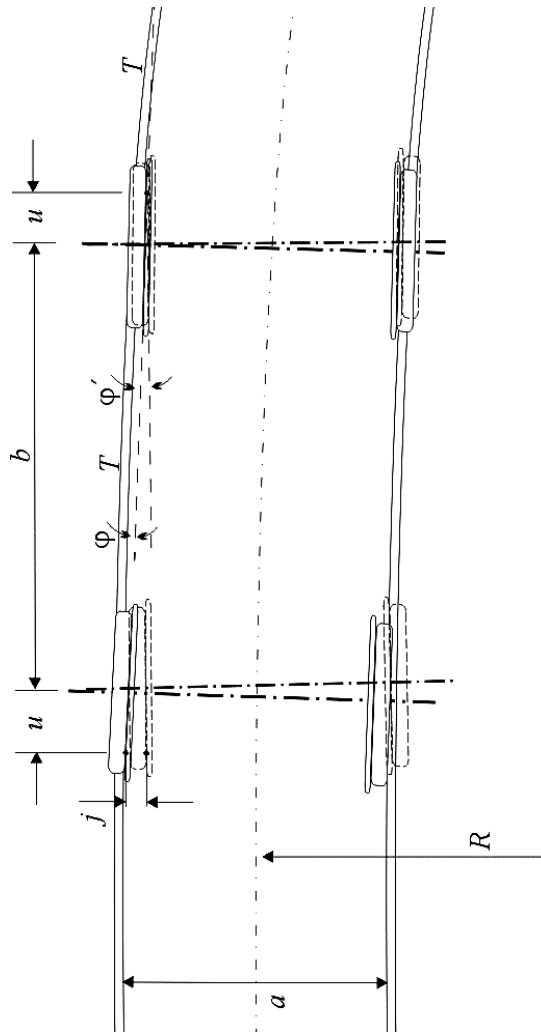


Fig. 4. 2 Giro del bogie hasta la posición de la extrema simétrica, límite de la marcha forzada.²

² Fuente: Referencia [3]

Siguiendo su marcha en la curva, el vehículo gira sobre sí mismo adoptando posiciones comprendidas entre la anterior y una posición llamada "extrema simétrica, límite de la marcha forzada" la cual ocurre cuando el excedente de fuerza centrífuga lanza al eje posterior contra el carril exterior. Véase la figura 4.2.

La posición que se presenta en la figura 4.2, corresponde a la extrema simétrica no encajada y ocurre cuando el ángulo de ataque positivo de la rueda exterior delantera ha disminuido hasta su valor mínimo, al chocar contra el riel exterior, gira el bogie y presiona la rueda exterior trasera contra el riel exterior con un ángulo de ataque negativo.

Dependiendo del sobre ancho de la vía, el radio de la curva y el largo de la base rígida, por ejemplo en los vagones de dos ejes en curvas de radio reducido y sobre ancho mínimo, cabe la posición extrema simétrica encajada, límite de la marcha forzada. Véase la figura 4.3.

El estudio de la inscripción de un vehículo en curva se basa, en dos posiciones límite fundamentales:

- ▶ *Posición extrema oblicua, límite de la marcha libre (Fig. 4.1).*
- ▶ Posición extrema simétrica, límite de la marcha forzada (Fig. 4.2).

Estos casos de posición de la rueda oblicua al carril, en los cuales el contacto entre ambos se hace en dos puntos: uno sobre la rueda y el otro sobre el lado de la pestaña, son las situaciones más propicias al descarrilamiento.

El choque de la pestaña con el riel, es decir, el contacto de la rueda con el mismo en dos puntos, también ocurre en el movimiento de serpenteo o lazo de los vehículos en los alineamientos rectos debido al juego u holgura entre pestañas y carriles.

Debido a dicho juego u holgura entre pestañas y carriles el par de ruedas, en su movimiento de avance, puede ocupar una posición oblicua con relación a aquellos formando

con los mismos un ángulo de ataque φ , en analogía con la circulación en curva. Véase la figura 4.4.

El movimiento de lazo aumenta con la velocidad y puede ser de gran importancia, e incluso violento, con riesgo de descarrilamiento.

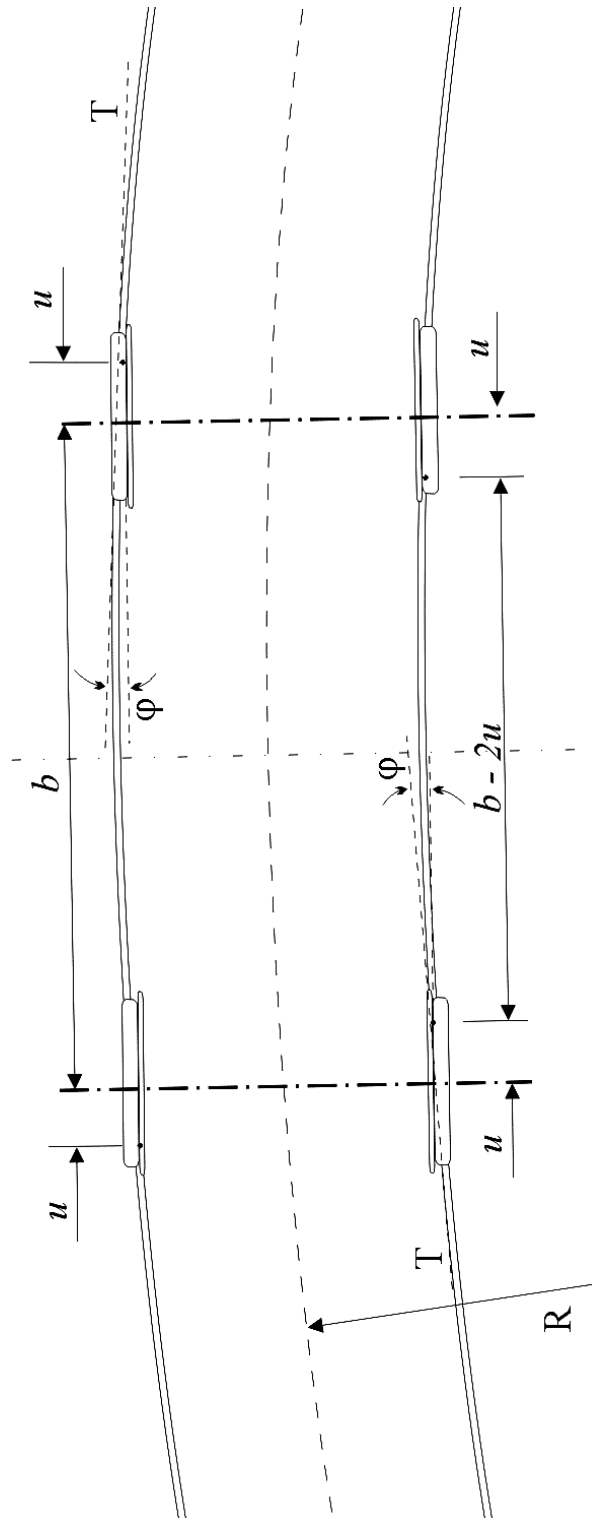


Fig. 4. 3 Inscrición de la rodadura en curvas posición encajada.³

³ Fuente: Referencia [3]

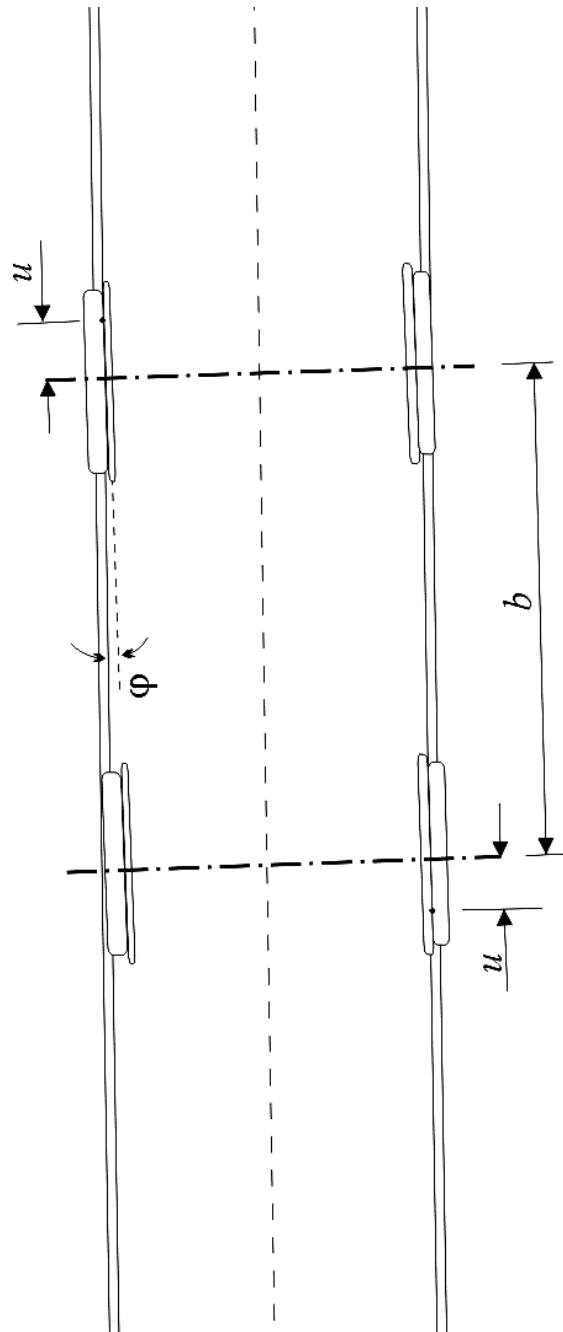


Fig. 4. 4 Movimiento de serpiente o lazo.⁴

En todos estos casos de posición oblicua de la rueda al riel, según un ángulo de ataque φ , el contacto con éste se realiza en dos puntos, uno sobre la rueda y el otro sobre el lado de la

⁴ Fuente: Referencia [3]

pestaña. Si el radio del acuerdo de la pestaña es suficientemente amplio, la línea de contacto es única, tal como AB' , figura 4.6. El punto B' se aleja de A cuanto mayor es el ángulo de ataque φ y menor la inclinación del lado de la pestaña.

Pueden existir dos líneas de contacto, por desgaste de la rueda, y cuando el radio del acuerdo de la pestaña es menor que el del riel.

En el movimiento de rotación de la rueda, su eje instantáneo corresponde a la generatriz de contacto que pasa por el punto A y el desplazamiento de un punto de ella, tal como B' , es un arco de círculo cuyo centro está sobre esa misma generatriz.

Los puntos de esa línea de contacto, como B' , se deslizan sobre el riel venciendo la fuerza de rozamiento originada por el empuje lateral que actúa sobre la línea de contacto de las superficies de rueda y riel.

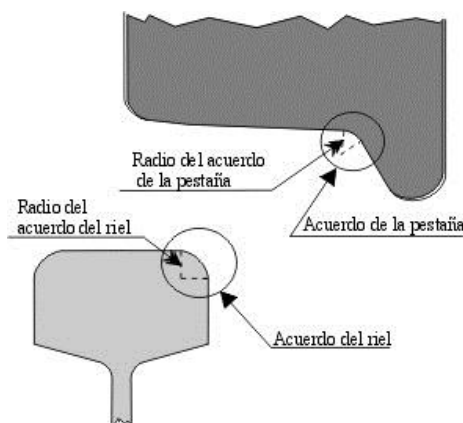


Fig. 4. 5 Detalle de los acuerdos de la pestaña y riel.⁵

Mientras se produzca el deslizamiento la rueda no subirá sobre el riel. Sin embargo, si la fuerza de rozamiento llega a un valor suficientemente grande, debido a ese empuje lateral, para que dicho deslizamiento cese, el punto B' se inmoviliza, convirtiéndose en centro

⁵ Elaboración Propia

instantáneo de rotación y la rueda se levanta por detrás girando alrededor de B'. Entonces, este pasa a ser el punto de aplicación de la carga P y de la resultante de las fuerzas de rozamiento horizontales de todas las ruedas del vehículo. El punto B', que al principio se encuentra sobre el acuerdo de la pestaña, pasa así rápidamente al lado inclinado de la misma y, a menos que el valor de P sea suficientemente grande, la rueda monta al riel. Gráficamente esto se explica según ilustra la figura 4.5.

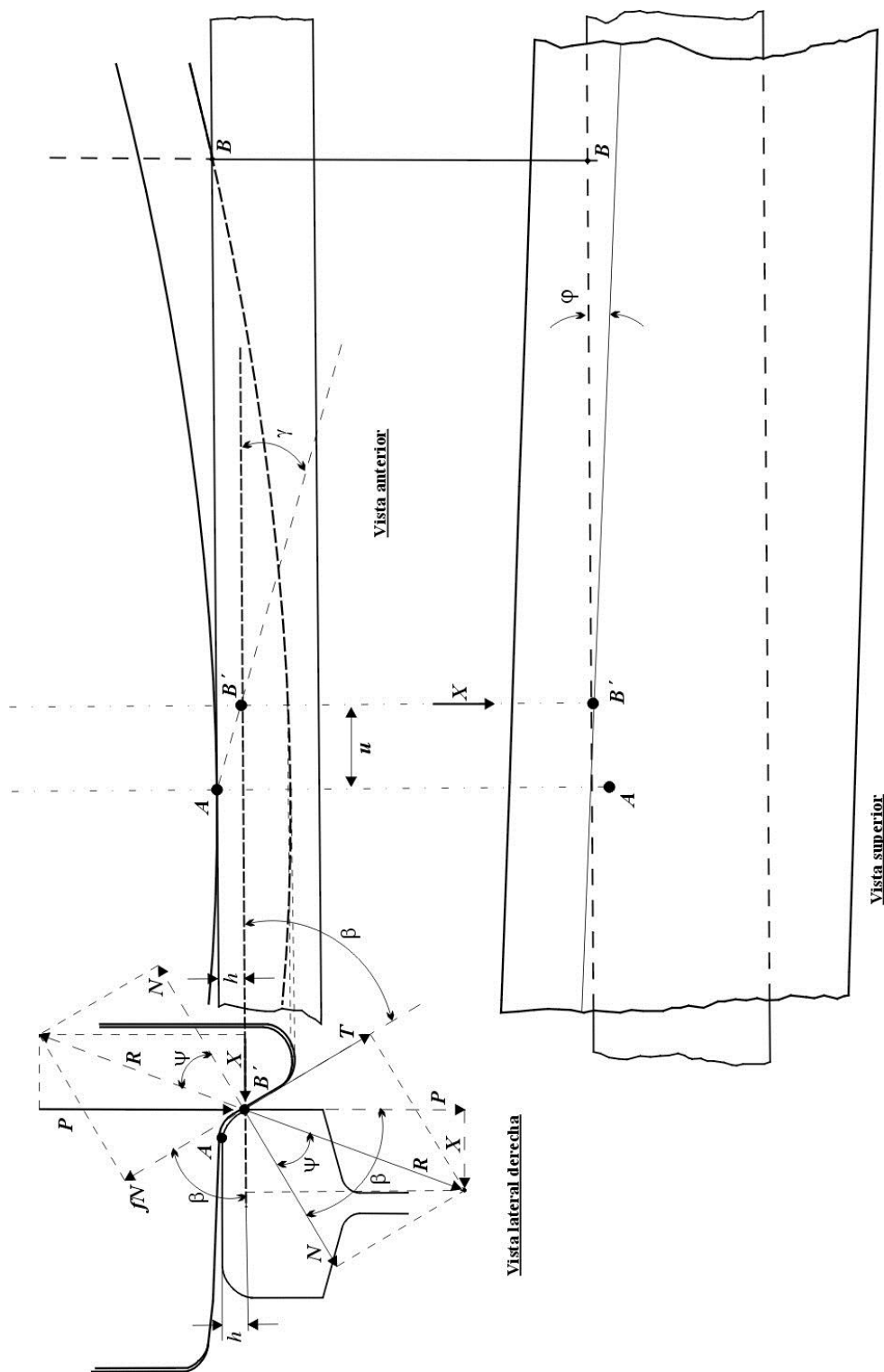


Fig. 4. 6 El radio del acuerdo de la pestaña es suficientemente amplio.⁶

⁶ Fuente: Referencia [3]

La rueda transmite al riel la carga P y el empuje lateral X , los cuales tienen por resultante la fuerza R . Dicha resultante R admite una componente N perpendicular al plano tangente que contiene a la generatriz de contacto rueda-riel que pasa por el punto B' analizado, y una componente T en dicho plano tangente inclinado.

En principio la rueda, empujada por la reacción de guiado gira sobre el acuerdo de la pestaña y desliza en el plano inclinado de la misma mientras el valor de P sea suficientemente grande.

En la medida que disminuya el valor de la carga P en la rueda y/o aumente el de la fuerza X , disminuirá la componente T y aumentará fN . Al igualarse cesa el deslizamiento, inmovilizándose el punto B' que pasó al lado inclinado de la pestaña, el cual se convierte en centro instantáneo de rotación, y la rueda monta al riel produciéndose el descarrilamiento.

En ese momento de equilibrio, antes del descarrilamiento, se cumple la siguiente relación:

$$\frac{X}{P} = \operatorname{tag}(\beta - \psi) = \frac{\operatorname{tag}\beta - \operatorname{tag}\psi}{1 \pm \operatorname{tag}\beta \cdot \operatorname{tag}\psi} \quad [4.1]$$

donde ψ es el ángulo de rozamiento y $\operatorname{tag}\psi = f$, el coeficiente de rozamiento rueda-carril.

Es decir:

$$\frac{X}{P} = \frac{\operatorname{tag}\beta - f}{1 \pm f \cdot \operatorname{tag}\beta} \quad [4.2]$$

De donde:

$$X = P \cdot \frac{\operatorname{tag}\beta - f}{1 \pm f \cdot \operatorname{tag}\beta} \quad [4.3]$$

La ecuación 4.3 es la expresión que es conocida como fórmula de NADAL, que no toma en cuenta la influencia del ángulo de ataque ni el diámetro de la rueda.

La fórmula del Ingeniero español C. Laffite es, en tal sentido, más completa, como se demostrará. Como se dijo, observando la figura 4.6, el valor de u y también el de h dependen del ángulo de ataque.

El valor de h puede tomarse, en promedio, igual a 9 milímetros para una rueda de 840 mm a 2.000 mm de diámetro en su círculo de rodadura y para ángulos de ataque entre 0° y 2° .

El valor u queda determinado por la fórmula:

$$u = (r \pm h) \cdot \operatorname{tag} \beta \cdot \operatorname{tag} \varphi \quad [4.4]$$

Observando la figura 4.7, puede verse que la trayectoria elemental del punto B' es normal a AB' y forma un ángulo γ con la vertical. Por lo tanto el esfuerzo de rozamiento fN no se proyecta verticalmente sino con la inclinación γ y su proyección ortogonal vale:

$$fN \cdot \cos \gamma - fN \cdot \operatorname{sen} \gamma = fN \cdot (\cos \gamma - \operatorname{sen} \gamma) \quad [4.5]$$

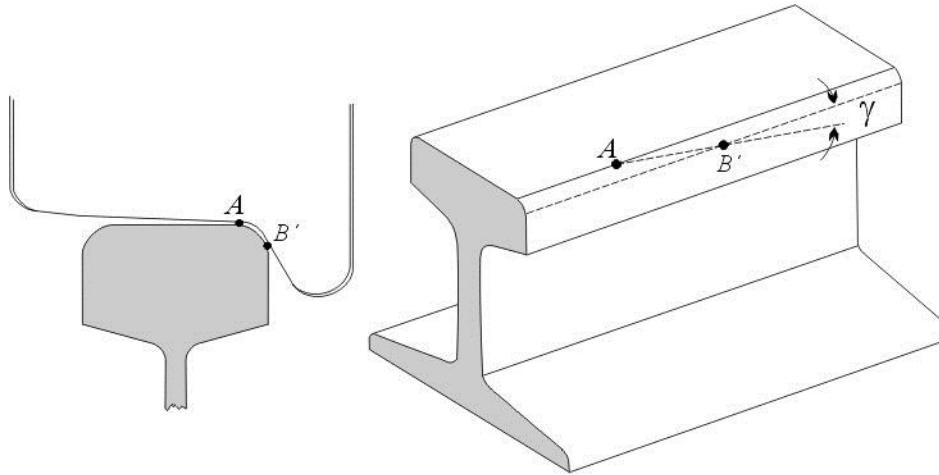


Fig. 4. 7 Detalle en tres dimensiones de cómo es medido el ángulo γ .⁷

siendo:

$$\cos \gamma - \text{sen} \gamma = \frac{u - h}{\sqrt{u^2 \pm h^2}} \quad [4. 6]$$

En consecuencia, la fórmula [4.2], se convierte en la fórmula de Laffite:

$$C_s = \frac{X}{P} = \frac{\text{tag} \beta - f \cdot (\cos \gamma - \text{sen} \gamma)}{1 \pm f \cdot \text{tag} \beta \cdot (\cos \gamma - \text{sen} \gamma)} \quad [4. 7]$$

El término $\frac{X}{P}$, ha probado que constituye una eficaz medida para evaluar la seguridad del rodamiento.

⁷ Elaboración Propia

El valor del ángulo de inclinación del lado de la pestaña de la rueda está comprendido entre: $60^{\circ} \leq \beta \leq 70^{\circ}$.

Las investigaciones han demostrado que $\frac{X}{P}$, es generalmente mucho más pequeño que 1,0 para el rodamiento normal del vehículo.

Es decir que prácticamente se tiene la condición de que en el material móvil clásico se necesita una carga mínima en la rueda igual o mayor que el máximo empuje lateral que pueda recibir, para evitar el riesgo de descarrilamiento.

$$C_s = \frac{X}{P} = \frac{\text{empuje lateral}}{\text{carga en la rueda}}$$

$$\text{empuje lateral} \leq \text{carga en la rueda}$$

CAPÍTULO 5

5. EVALUACIÓN DE ESFUERZOS Y DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS

5.1. ESFUERZOS QUE ACTÚAN SOBRE LA VÍA

Teóricamente, la vía debería soportar esfuerzos procedentes del peso de los vehículos y fuerzas centrífugas ejercidas por estos en las curvas. La acción de estos esfuerzos es adicionada por ciertos otros esfuerzos de carácter anormal que proceden de las características constructivas de la vía y de los vehículos que circulan sobre ella. Así veremos los esfuerzos laterales producidos por un movimiento transversal debido a la diferencia entre el ancho normal de la vía y el ancho que separa las superficies exteriores de las pestañas de la rueda; efectos de inercia que modifican las acciones normales del material sobre la vía debido a inevitables irregularidades en su planta y perfil; las fuerzas que transmiten los muelles a las ruedas y estas a los rieles al estudiar la marcha de las locomotoras.

En general los esfuerzos a los que estará sometida la vía son verticales y horizontales. Los primeros producidos por las cargas de los vehículos que circulan por la vía, los esfuerzos horizontales que pueden ser longitudinales, como los producidos por la temperatura, o transversales producidos por el movimiento de lazo o serpenteo de los vehículos en la vía, que provoca el choque de la pestaña de las ruedas del tren contra la cabeza del riel.

5.1.1. ESFUERZOS TRANSVERSALES

Los esfuerzos transversales sobre la vía se producen tanto en curva como en recta. En curva se origina en la fuerza centrífuga o en el peralte para todos aquellos casos en que la velocidad no sea exactamente aquella para la cual ha sido calculado el peralte; estos esfuerzos estarán dirigidos al exterior de la curva para velocidades excesivas, y hacia el interior si la velocidad es mas reducida que la teórica al peralte establecido. En recta los esfuerzos transversales son debidos al movimiento del lazo de los vehículos que son inevitables y se amplían automáticamente por los defectos de las locomotoras, del material móvil y de la propia vía.

Estos esfuerzos, que se ejercen sobre la parte superior de los rieles, tienden a volcar estos y destruir su sujeción sobre los durmientes produciendo el arrancamiento de los tirafondos interiores; pueden tener también por efecto el ripado de la vía, es decir, su desplazamiento en el sentido transversal. Estos problemas se hacen más perjudiciales para la estabilidad de la vía y más desventajosos desde el punto de vista del coste de la conservación de la vía, ya que esta constituida esencialmente para resistir los esfuerzos verticales que obligan a la vía a trabajar en un sentido en el cual se encuentra menos apta para resistir. A pesar de ello el análisis de la teoría del descarrilamiento y su seguridad, se considera suficiente para la resistencia de la vía en sentido transversal.

5.1.2. ESFUERZOS LONGITUDINALES

Estos esfuerzos son inherentes tanto a las condiciones de establecimiento de la vía como al movimiento de los vehículos sobre la misma, todos estos esfuerzos serán soportados por el balasto y los durmientes.

La libre dilatación de los rieles por efecto de la temperatura es el mas importante de los esfuerzos longitudinales producidas en el establecimiento de la vía. Si no existiera intervalos libres entre los extremos de dos rieles consecutivos, pueden llegar a acumularse en las filas de rieles tensiones anormales tan grandes que produzcan el pandeo de la vía. Otras fuerzas longitudinales son:

- ▶ Los golpes de las ruedas sobre la cabeza del riel al paso de las juntas.
- ▶ El rozamiento del deslizamiento de las ruedas producidas durante el frenado de los trenes, que da lugar también al corrimiento de los rieles, sobre todo en la parte inferior de las pendientes y las inmediaciones de las estaciones.
- ▶ El rozamiento producido por el deslizamiento de las ruedas sobre el riel interior de las curvas, a causa del menor recorrido que efectúa la rueda interior.
- ▶ Los esfuerzos de tracción que a causa de la adherencia ejercen las ruedas motoras de las locomotoras, sobre todo en los arranques.
- ▶ La fuerza viva del movimiento giratorio de las ruedas no frenadas al frenarse los demás ejes.

5.1.3. ESFUERZOS VERTICALES

Los esfuerzos verticales se transmiten por las ruedas de los vehículos y resultan primordialmente de la carga estática de estos. Se debe considerar entonces, que los esfuerzos verticales pueden ser debidos a la vía como a los vehículos. Estas cargas verticales en movimiento pueden sufrir un incremento por las siguientes causas, atribuibles al vehículo en circulación como a la vía misma:

- ▶ Variación entre la repartición del peso entre los ejes debido, a desnivelaciones normales o accidentales de los rieles, y la defectuosa regulación de los muelles de suspensión de las locomotoras y vehículos.
- ▶ Los efectos de las oscilaciones de la masa suspendida sobre los resortes de suspensión.
- ▶ La acción de la componente vertical del esfuerzo oblicuo de las vías en las locomotoras dotadas de esta clase de transmisión.
- ▶ La desigual repartición en las curvas del peso de un eje entre ambas ruedas del mismo.
- ▶ Los defectos del material móvil, especialmente de las ruedas que si presentan plano de ovalación, producen un martilleo sobre los rieles.

Los rieles en general resisten fácilmente a estos esfuerzos de flexión por las cargas verticales en el intervalo de dos durmientes consecutivos, pero su trabajo puede aumentar considerablemente por un durmiente suelto o mal bateado, llegando a duplicarse la luz del vano normal entre durmientes. Así la resistencia de los rieles depende no solo de su sección y calidad si no de las características y resistencia de los demás elementos que constituyen la vía.

Así mismo, los durmientes soportan esfuerzos generalmente pequeños debido a que sus dimensiones transversales o secciones, se encuentran previstas con amplitud.

El balasto es el elemento más sensible de la vía a los esfuerzos verticales. Su debilidad puede acarrear consecuencias desastrosas para los demás elementos de la vía. La resistencia del balasto depende en general del grado de cohesión que bajo los durmientes se obtiene mediante el bateo. Si esta cohesión fuera deficiente provocaría una disminución de la resistencia del balasto produciendo el hundimiento de la vía en forma ondulatoria, como se muestra en la figura 5.1, originando fuerzas de abajo hacia arriba, provocando aflojamiento en los puntos de sujeción.

Se debe tener en cuenta que, los esfuerzos verticales producidos por las cargas estáticas, son menores a los que realmente se producen debido al efecto dinámico de las cargas de los vehículos en movimiento. Por tal motivo, los esfuerzos o cargas a los que esta sometida la vía deben ser afectados mediante un coeficiente de mayoración, que será calculado en el apartado 5.8.1.

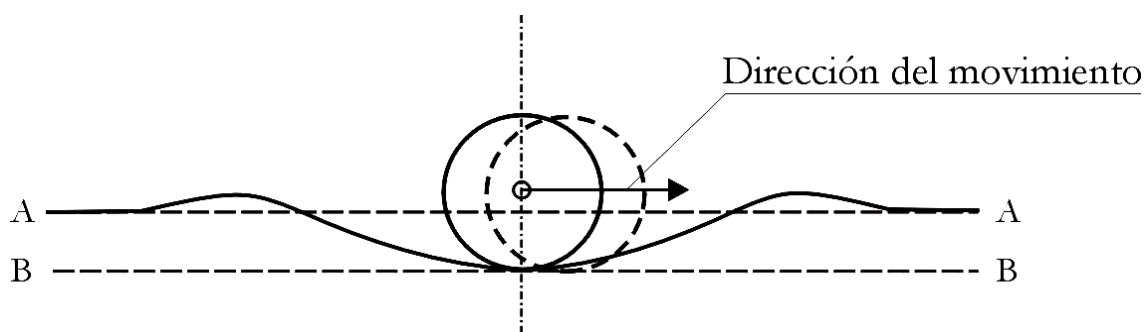


Fig. 5. 1 Hundimiento al paso de las cargas.¹

Se debe tomar en cuenta además, que la superestructura no trabaja como un conjunto elástico, ya que existe separación momentánea de sus elementos con choques de considerable

¹ Fuente: Referencia: Referencia [8]

fuerza viva cuando dichos elementos vuelven al contacto, por tal motivo es que se enlaza solidamente el riel al durmiente, permitiendo así que la separación tenga lugar entre el durmiente y el balasto.

El cálculo de los esfuerzos que dan lugar el paso de los vehículos, por flexión de la vía sobre el balasto, puede dividirse en dos grupos principales de teoría.

► **Métodos basados en la teoría del apoyo discreto del riel**

Consideran la hipótesis de que los apoyos rígidos (Teoría de Winkler) y de apoyos elásticos (Teoría de Zimmermann, Schwedler, Decker, Desprets y otros)

► **Métodos basados en la hipótesis del apoyo continuo y uniforme del riel**

Supone que el riel se encuentra apoyado de forma continua y uniforme, y que las cargas que se encuentra sometido producen una deformación vertical proporcional.

5.2. MÉTODO DE WINKLER

El método de Winkler, tiene como hipótesis principal los *apoyos rígidos*, en la cual se prescindirá de la naturaleza del balasto y de la plataforma. La hipótesis de los apoyos rígidos solo puede ser considerada como un caso limite, no siendo admisible en vías corrientes. Su aplicación practica queda reducida al caso por ejemplo de las obras metálicas.

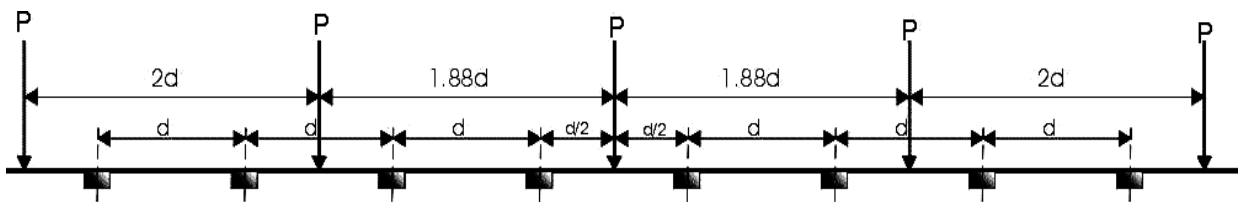


Fig. 5. 2 Hipótesis de Winkler.²

En el caso de una sucesión de cargas de valor P la hipótesis mas desfavorable será aquella en que los tramos cargados alternen con los descargados. El método de Winkler establece que la posición de cargas que dan lugar al máximo momento flector esta representada por la figura 5.2 para la cual:

$$M = 0.188 \cdot P \cdot d \tag{5.1}$$

Si se colocan las cargas exactamente en el eje de los tramos, lo que hará mas aceptable la suposición de que los apoyos están al mismo nivel, el momento máximo esta dado en la ecuación [5.2].

$$M = 0.1875 \cdot P \cdot d \tag{5.2}$$

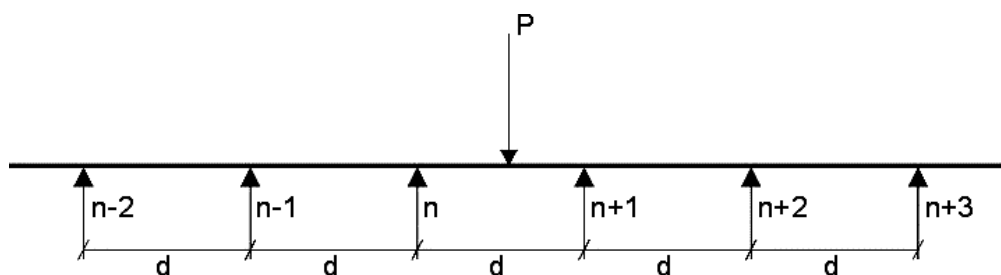


Fig. 5. 3 Carga P en un número indefinido de tramos.³

Suponiendo en primer lugar la actuación de una sola fuerza P sobre un número indefinido de tramos (Fig. 5.3). Entonces la ecuación de Clapeyrón o Teorema de los Tres Momentos relativa a dos tramos cualesquiera no cargados es:

$$M_{n-2} + 4M_{n-1} + M_n = 0 \tag{5.3}$$

² Fuente: Referencia: Referencia [8]

³ Fuente: Referencia: Referencia [8]

Aplicando esta ecuación sucesivamente a una serie de grupos de dos tramos, a partir de una extremidad del riel, y teniendo presente que el momento M_0 sobre el apoyo extremo es nulo, se obtiene:

$$\begin{aligned}
 M_1 &= -\frac{1}{4}M_2 \\
 M_2 &= -\frac{1}{4-\frac{1}{4}}M_3 \\
 M_3 &= -\frac{1}{4-\frac{1}{4-\frac{1}{4}}}M_4; \dots\dots\dots \\
 M_{n-1} &= -\frac{1}{4-\frac{1}{4-\frac{1}{\dots\dots\dots}}}M_n \qquad \qquad \qquad [5.4]
 \end{aligned}$$

para $n = \infty$:

$$M_{n-1} = \frac{1}{2+\sqrt{3}}M_n = k \cdot M_n; \qquad \qquad \qquad [5.5]$$

si se hace:

$$\frac{1}{2+\sqrt{3}} = k \qquad \qquad \qquad [5.6]$$

Los momentos hacia los apoyos decrecen hacia las extremidades según una relación que en el límite es:

$$-k = -\frac{1}{2+\sqrt{3}}$$

Aplicando ahora, la ecuación citada al grupo compuesto del tramo cargado y de un tramo contiguo, se obtiene:

$$M_{n-1} + 4M_n + M_{n+1} = -\frac{3}{8} P \cdot d$$

y como:

$$M_{n+1} = M_n; \quad M_{n-1} = -k \cdot M_n$$

resulta:

$$M_n = \frac{3}{8} P \cdot d \cdot \frac{1}{5-k} = -\frac{1}{4} P \cdot d \cdot 0.317 \quad [5.7]$$

Los momentos sobre los demás apoyos tienen por valor:

$$M_{n-1} = M_{n+2} = -k \cdot M_n$$

$$M_{n-2} = M_{n+3} = k^2 \cdot M_n; \dots\dots\dots$$

$$M_1 = M_{2n} = \pm k^{n-1} \cdot M_n$$

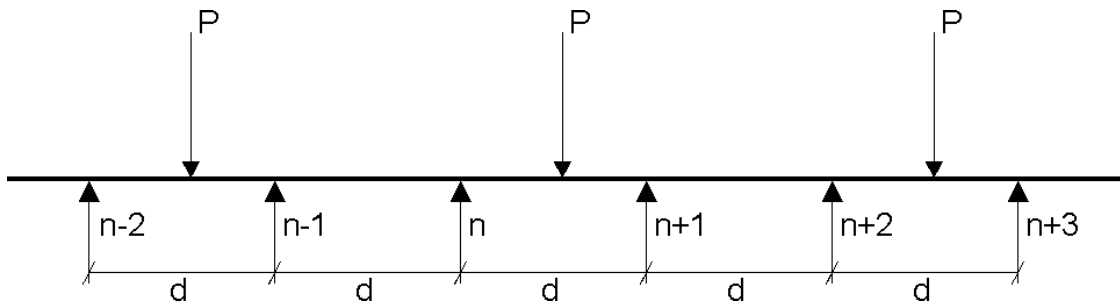


Fig. 5. 4 Tramos cargados alternadamente.⁴

⁴ Fuente: Referencia [8]

Si se considera un número infinito de cargas, como se muestra en la figura 5.4, los momentos en los apoyos del primer tramo considerado son iguales a la suma:

$$S = M_n (1 - k + k^2 - k^3 + \dots) = M_n \frac{1}{1+k} = -\frac{1}{4} P \cdot d \cdot 0.25 \quad [5.8]$$

Si se tienen todas las reacciones iguales a $P/2$, el momento positivo en el centro del tramo cargado tiene por valor:

$$M = \frac{1}{4} P \cdot d \cdot (1 - 0.25) = 0.1875 \cdot P \cdot d \quad [5.9]$$

La tensión del riel para una serie de cargas estáticas P será:

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

$$\sigma = \frac{0.1875 \cdot P \cdot d}{W} \quad [5.10]$$

Donde:

W = Módulo resistente de flexión del riel en función de la inercia.

σ = Tensión por flexión del riel

M = Momento flector

d = separación entre durmientes

5.3. MÉTODO DE ZIMMERMANN

Bajo la acción de las cargas, los durmientes, colocados sobre un lecho elástico, se deforman y se hunden en el balasto. Las más cercanas a un eje, sometidas a los mayores esfuerzos, sufren también las mayores desnivelaciones, y una parte de las reacciones recaen sobre los durmientes inmediatos. La falta de estabilidad de los apoyos tiene como consecuencia un aumento del momento de flexión del riel, aumento que presenta mayor importancia cuanto menos resistencia ofrezca el balasto y más deformables sean los durmientes.

Zimmermann parte de la hipótesis general de que las reacciones en los *apoyos elásticos*, son proporcionales a las deformaciones o flechas del riel sobre los mismos, y admite para la hipótesis de carga los estudios o teorías de Schwedler (Fig. 5.5), que prescinden completamente de la acción de los dos tramos contiguos sobre los sometidos al cálculo. Las deformaciones calculadas serán, por consiguiente, superiores a las reales.

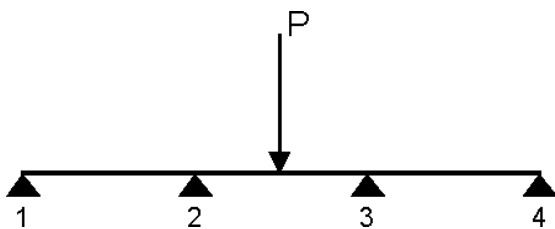


Fig. 5. 5 Primera Hipótesis de Schwedler.⁵

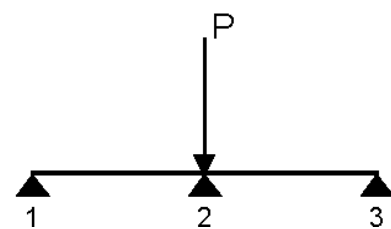


Fig. 5. 6 Segunda Hipótesis de Schwedler.⁵

⁵ Fuente: Referencia [8]

Admitido que el hundimiento de los durmientes es proporcional a la reacción correspondiente, y conocido el coeficiente de balasto, pueden determinarse los momentos de flexión del riel y las reacciones de los durmientes para cargas determinadas.

5.3.1. TEORÍA GENERAL

Suponiendo un riel apoyado sobre un número indefinido de durmientes, sometido a una carga, P , en el centro de una de ellas (figura 5.6), los momentos en los apoyos $n-1$, n , $n+1$ están ligados a las desnivelaciones z_{n-1} , z_n y z_{n+1} por la ecuación:

$$M_{n-1} + 4M_n + M_{n+1} = -6 \frac{EI}{d^2} (z_{n-1} - 2z_n + z_{n+1}) - \frac{3}{8} P \cdot d \quad [5.11]$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad del acero

I = Momento de inercia de la sección del riel.

Por otra parte, las desnivelaciones z_n se expresan en función de las reacciones R_n , por la relación: $z_n = \frac{R_n}{D}$, siendo D , la característica del durmiente, debe medir la compresibilidad

del conjunto de los durmientes y el balasto, y tiene la forma:

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2}$$

Donde:

$$D_1 = \frac{C \cdot b \cdot u}{[\gamma_{1\varphi}]} = \text{Compresibilidad del balasto bajo el durmiente de características}$$

determinadas, que anteriormente se denominó característica del durmiente.

$D_2 =$ Compresibilidad del propio durmiente. Carga necesaria para comprimir 1 cm el durmiente. En el caso más desfavorable, es decir, tratándose de durmiente de madera y con las dimensiones corrientes de las placas de asiento de los rieles *Vignoles*, se tiene aproximadamente, $D_2 = 40$ Ton.

Las reacciones R_{n-1} , R_n , R_{n+1} pueden calcularse en función de los momentos y de la carga P , por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} R_{n-1} &= \frac{1}{d}(M_{n-2} - 2M_{n-1} + M_n) ; \\ R_n &= \frac{1}{d}(M_{n-1} - 2M_n + M_{n+1}) + \frac{1}{2}P ; \\ R_{n+1} &= \frac{1}{d}(M_n - 2M_{n+1} + M_{n+2}) + \frac{1}{2}P \end{aligned} \quad [5.12]$$

Sustituyendo, en la ecuación [5.11], z_{n-1} y z_{n+1} por sus valores en función de las respectivas reacciones, y sabiendo que:

$$\gamma = \frac{6E \cdot I}{D \cdot d^3} \quad [5.13]$$

resulta la ecuación:

$$M_{n-2}\gamma + M_{n-1}(1-4\gamma) + M_n(4+6\gamma) + M_{n+1}(1-4\gamma) + M_{n+2}\gamma = -\frac{3}{8}P \cdot d + \frac{1}{2}P \cdot d \cdot \gamma \quad [5.14]$$

que en la teoría general del pórtico múltiple, establece una relación entre los momentos de cinco apoyos sucesivos.

El coeficiente γ que es un número abstracto, y puede ponerse bajo la forma siguiente:

$$\gamma = \frac{6E \cdot I}{d^2} \cdot \frac{z}{R} = B \cdot \frac{z}{R} = \frac{B}{D} \quad [5. 15]$$

Donde Zafra denomina a γ como el *coeficiente de calado* en la teoría del pórtico múltiple sobre apoyos flotantes, por ser producto de la función de rigidez $B = \frac{6E \cdot I}{d^2}$ por el *calado*, o deformación por unidad de fuerza ascensional $\frac{z}{R}$. El coeficiente B mide, en efecto, la resistencia del riel a la flexión y representa simplemente la fuerza en kilogramos que, ejerciéndose en el centro de un riel reposando sobre dos apoyos separados $2 \cdot d$ cm, es capaz de hacerle flectar 1 cm. En nuestro caso, la relación $\gamma = \frac{B}{D}$ entre el grado de rigidez del riel y la característica del durmiente se llama *característica de superestructura*.

Prescindiendo de la influencia del durmiente tendremos:

$$\gamma = \frac{6E \cdot I}{d^3 C \cdot l \cdot b} \quad [5. 16]$$

En la ecuación [5.15] se podrá observar que si los apoyos se supusieran rígidos, $C = \infty$, $\gamma = 0$, y la ecuación de los cinco momentos se convertiría en la vulgar de los tres momentos. Entonces, las simplificaciones en la hipótesis serán las siguientes.

5.3.1.1. PRIMERA HIPÓTESIS.

Se considera el riel limitado a tres tramos en la figura 5.5. Haciendo $n = 2$ en la ecuación [5.13], se podrán escribir tantas ecuaciones como incógnitas, entonces:

$$M_1(1 - 4\gamma) + M_2(4 + 6\gamma) + M_3(1 - 4\gamma) + M_4\gamma = -\frac{3}{8}P \cdot d + \frac{1}{2}P \cdot d \cdot \gamma \quad [5.17]$$

y como:

$$M_1 = M_4 = 0 ; \quad M_2 = M_3 = \frac{1}{4}P \cdot d \cdot \frac{4\gamma - 3}{4\gamma + 10}$$

para el centro del tramo 2-3, el momento máximo positivo tiene por valor:

$$M = \frac{1}{4}P \cdot d + M_2 = \frac{1}{4}P \cdot d \cdot \frac{8\gamma + 7}{4\gamma + 10} = P \cdot d \cdot \frac{8\gamma + 7}{16\gamma + 40}$$

$$M = P \cdot d \cdot k_e \quad [5.18]$$

Donde:

$$k_e = \frac{8\gamma + 7}{16\gamma + 40} = \text{Coeficiente de mayoración}$$

Para $\gamma = \frac{3}{4}$ se advierte que la sollicitación es la misma que en una pieza sobre apoyos rígidos distantes en una separación d de los durmientes; si se disminuye, aparece el empotramiento, y si se aumenta, el riel se comporta como una pieza apoyada de luz mayor que d .

Las reacciones correspondientes en los apoyos son:

$$R_1 = R_4 = P \frac{4\gamma - 3}{16\gamma + 40} \quad [5. 19]; \quad R_2 = R_3 = \frac{1}{2}P - R_1 = \frac{4\gamma - 23}{16\gamma + 40} \quad [5. 20]$$

Prescindiéndose, de las reacciones de los apoyos mas allá de los tres tramos considerados, la hipótesis estudiada conduce a deformaciones demasiado grandes y momentos negativos demasiado pequeños.

Es de notar que la aplicación de las ecuaciones generales de pórtico múltiple al caso de cinco tramos, suponiendo cargados el central y los dos extremos, o al de siete tramos con la misma hipótesis de carga tendríamos:

$$M = \frac{1}{4}P \cdot d \cdot \frac{13 + 45\gamma + 9\gamma^2}{19 + 44\gamma + 3\gamma^2} \quad [5. 21]; \quad M = \frac{1}{4}P \cdot d \cdot \frac{97 + 568\gamma + 524\gamma^2 + 32\gamma^3}{142 + 660\gamma + 388\gamma^2 + 8\gamma^3} \quad [5. 22]$$

Las diferencias entre los valores de M correspondientes a cinco y siete tramos, son insignificantes y comparados con la de tres tramos, se observa en estos un aumento que varia de 2 al 10% cuando el valor de γ oscila entre 0.6 y 5, cifras que alcanza ordinariamente.

5.3.1.2. SEGUNDA HIPÓTESIS.

Suponiendo el riel cortado en 1 y 3 con referencia a la figura 5.6, se tiene:

$$R_1 = R_3 ; \quad M_1 = M_3 = 0$$

y la ecuación general da:

$$R_1(\gamma + 2) - \gamma \cdot R_2 = 0; \quad \text{con} \quad 2R_1 + R_2 = P;$$

de donde se deduce:

$$R_1 = \frac{\gamma \cdot P}{3\gamma + 2}; \quad R_2 = \frac{(\gamma + 2)P}{3\gamma + 2};$$

$$M_2 = P \cdot d \cdot \frac{\gamma}{3\gamma + 2} = \frac{1}{4} P \cdot d \cdot \frac{4\gamma}{3\gamma + 2} \quad [5. 23]$$

Los valores de las reacciones R , iguales y contrarios a la presión del riel, son los que entran en el cálculo del durmiente antes consignado; la relación $\frac{R}{P}$ varía según las distintas

hipótesis:

$$1^\circ \text{ Hipótesis: } \frac{R}{P} = \frac{4\gamma + 23}{16\gamma + 40};$$

$$2^\circ \text{ Hipótesis: } \frac{R}{P} = \frac{\gamma + 2}{3\gamma + 2};$$

Como ya se dijo, R será igual a P si la viga fuera infinitamente rígida.

Para los análisis posteriores, se utilizara los resultados de la Primera Hipótesis del Método de Zimmermann, ya que el método de Winkler conduce a resultados excesivamente erróneos, en cambio el cálculo simplificado de Zimmermann conlleva un máximo error del 10 % sobre el cálculo exacto. Sin embargo, mas adelante podremos ver otros métodos, quizás, mas simplificados y prácticos para el cálculo, de manera que se podrá escoger el método más adecuado según sea el caso.

5.3.2. COMENTARIOS DE γ

Los momentos máximos positivos crecen con el coeficiente γ ; que es característico del tipo de vía. Aumenta en razón directa del cuadrado del peso del riel por metro lineal, y es inversamente proporcional al coeficiente de balasto y a la tercera potencia del espaciamiento de los durmientes. La reducción del espaciamiento constituye, un medio para incrementar la resistencia de la vía. Esta reducción tiene un limite ya que al contar con espaciamientos menores, la vía no sería bien bateada. Asimismo, el aumento de la rigidez de los rieles equivale a mejorar la calidad del balasto, lo cual reducirá la presión sobre los durmientes.

Para que los γ sean iguales, se necesita que las cantidades $\frac{1}{d^3}$ sean también iguales; si se aumenta el peso del riel manteniéndose su perfil, se precisa modificar al mismo tiempo la separación de los durmientes proporcionalmente a la potencia $\frac{2}{3}$ de la relación de los pesos.

Entonces D , resulta prácticamente proporcional a C , y por tanto, γ es en rigor inversamente proporcional al coeficiente de balasto; por este motivo, y según los valores relativos de C y de d , la influencia de la separación de durmientes puede ser secundaria

comparada con la debida a la mejora del balasto. Es evidente entonces, que para disminuir la de los rieles es más eficaz mejorar la calidad del balasto que actuara sobre cualquier otro de los elementos de la vía.

En la tabla 5.1 se presentan los coeficientes k_e para diferentes valores de γ .

γ	0.20	0.60	1.00	2.00	3.00	4.00
K_e	0.199	0.238	0.268	0.319	0.352	0.375

Tabla 5. 1 Coeficiente k_e par diferentes valores de γ .⁶

Por otro lado, si se disminuye d , se disminuye también el producto $P*d$ en la expresión de M , y al mismo tiempo se aumenta el factor k_e ; de modo que el acercamiento de los durmientes tiene menos influencia que la mejora del balasto.

La formula de Zimmermann prescinde de las reacciones de los apoyos situados mas allá de los tres tramos considerados, y por otra parte, el cálculo sobre la base de la acción de una carga aislada ofrece mayores momentos positivos, pero menores reacciones del riel sobre el durmiente. En definitiva, predomina esta ultima circunstancia, y los valores de k_e , obtenidos no son exactos mas que para una carga aislada que se encuentra en el riel sobre cuatro apoyos elásticos; pero para una reducida distancia entre dos ruedas sucesivas, se introduce un momento de empotramiento producido por la carga de la segunda rueda, de modo que los momentos flectores máximos quedan disminuidos. Según Loewe, se obtiene para este caso:

	γ	0.20	0.60	1.00	2.00	3.00	4.00
Para eje intermedio	k_e	0.187	0.183	0.182	0.185	0.193	0.204
Para eje extremo	k_e	0.193	0.213	0.227	0.253	0.271	0.286

Tabla 5. 2 Coeficiente k_e según Loewe⁶

⁶ Fuente: Referencia [8]

La fórmula de Zimmermann será, especialmente aplicable a los vehículos de dos ejes con gran base rígida y a los ejes portadores traseros de las locomotoras, bastante separados de los ejes motores. Entonces el coeficiente k_e depende esencialmente del espaciamiento de los ejes, y crece a medida que este aumenta. Si dicho espaciamiento es pequeño, se acerca al valor de $k_e = 0.188$; si es grande, se aproxima a $k_e = 0.375$ (aproximadamente 2 veces 0.188).

Como valores medios para el coeficiente k_e , pueden admitirse, según Baumann:

Para los ejes individuales	k_e	0.290
Para los ejes extremos	k_e	0.240
Para los ejes intermedios	k_e	0.190

Tabla 5. 3 Coeficiente k_e según Baumann.⁷

5.3.3. DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE k_e SEGÚN OTROS AUTORES

Para los valores de k_e , que serán usados en la ecuación [5.18], según el estudio de otros autores, tenemos:

$$k_e = \frac{1}{4} \left(0.917 \sqrt[4]{\gamma} + \frac{0.109}{\sqrt[4]{\gamma}} \right); \text{ según Engesser.} \quad [5. 24]$$

$$k_e = \frac{1}{4} 0.985 \sqrt{\gamma}; \text{ según Timoshenko.} \quad [5. 25]$$

$$k_e = \frac{12m \cdot n - 7(m+n) + 4}{16[3m \cdot n - (m+n)]}; \text{ Driessen (para ejes intermedios y extremos) [5. 26]}$$

$$k_e = \frac{12n - 7}{16(3n - 1)}$$

⁷ Fuente: Referencia [8]

Donde m y n resultan de la relación de los espaciamientos de los ejes, a un lado y a otro de la rueda considerada, a una distancia d entre durmientes.

5.3.4. RESISTENCIA DEL RIEL A LAS CARGAS ESTÁTICAS.

En cualquier caso, si W es el momento resistente del riel, la tensión de trabajo de este debida a la acción de la carga estática de las ruedas estará dada por la siguiente expresión:

$$M = k_e \cdot P \cdot d$$

$$\sigma = \frac{M}{W}$$

$$\sigma = k_e \frac{P \cdot d}{W} \quad [5. 27]$$

Para los tipos de rieles usuales, la carga de trabajo o resistente de los rieles esta generalmente comprendida entre los valores de 7.5 y 10 [kg/mm²]

Si bien tales cargas parecen moderadas se debe tener en cuenta que por efecto de la velocidad y de los movimientos vibratorios no considerados en las teorías desde el punto de vista estático, que se producen durante la marcha, las cargas de trabajo se ven sensiblemente afectadas. La tensión máxima admitida en los rieles no suele exceder [15 kg/mm²], lo cual supone un coeficiente de seguridad de 5 en los aceros corrientes. Para las vías recorridas a grandes velocidades, el espaciamiento de los durmientes es reducido debido a que las vibraciones rítmicas distintas a las de la flexión simple, acompañadas de deformaciones y tensiones elásticas superiores a las generalmente calculadas. En general, la fatiga es mayor en la cabeza que en el patín del riel y disminuye sensiblemente cuando aumenta el número de

durmientes. Hay que insistir en el hecho de que las características de la superestructura no solo dependen del riel sino también de una solidez del asiento de la vía.

Entonces, la sección del riel debe proporcionar tanto la estabilidad de la vía como la rigidez vertical de esta para limitar las deformaciones, las cuales dependen de la separación de durmientes y se tornan mas importantes cuanto mayores sean las velocidades de las cargas. La deformación del riel será medida por la inclinación de la tangente a la elástica en un punto a distancia x de aquel en que la tangente es horizontal, siendo la expresión de la tangente:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI} \int_0^x M dx$$

y el momento M de la forma:

$$M = \alpha \cdot P \cdot d \quad [5. 28]$$

resulta:

$$\frac{dy}{dx} = \beta \frac{P \cdot d^2}{EI} \quad [5. 29]$$

expresiones en las que α y β solo dependen de x . Para una carga dada, la rigidez de la vía es, proporcional a $\frac{I}{d}$.

5.3.5. CONCLUSIONES QUE SE DERIVAN DEL CÁLCULO EXACTO DE LOS RIELES

En este apartado, mediante un ejemplo numérico, se podrá observar y llegar a conclusiones finales para así poder asumir, en los problemas futuros, métodos o procedimientos de cálculo quizá mas prácticos.

Aplicando la teoría general se establece las ecuaciones de las líneas de influencia de los momentos flectores debidos a una carga sobre un pórtico de indefinido número de tramos iguales, mediante la suma de las líneas de influencia parciales debidas a las reacciones y a los momentos parciales, que están en función de parámetros determinados por medio de tablas. De tales curvas se deduce que la influencia respecto al trabajo elástico decrece rápidamente con el alejamiento, medido en número de tramos, entre los lugares de la causa y el efecto. Solo si γ es muy grande, lo que implica un balasto muy malo, bastaran cuatro tramos para que los multiplicadores de los momentos a partir del quinto apoyo sean aproximadamente cero. En la figura 5.7 aparecen las líneas de influencia del riel de 45 [Kg/m], sobre durmiente de 12 por 25 [cm] en sección y 140 [cm] de longitud, espaciadas 82 [cm] entre ejes. El coeficiente de la superestructura es:

$$\gamma = \frac{6E \cdot I}{d^3 \cdot C \cdot l \cdot b} = \frac{6 \cdot 220000 \cdot 1506}{82^3 \cdot C \cdot 140 \cdot 25} = \frac{10.3}{C}$$

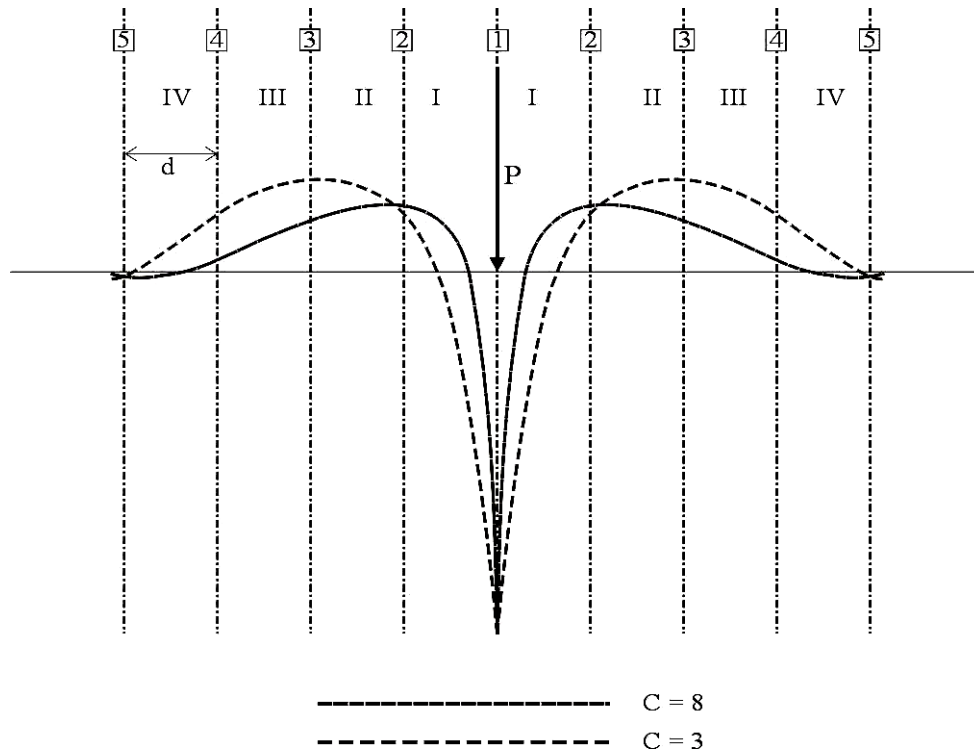


Fig. 5. 7 Influencia de la carga en los apoyos mas lejanos.⁸

Tomando valores para γ desde 3.4 a 1.3, según varié el coeficiente de balasto de 3 a 8 [Kg/cm³] como se ve, la influencia ejercida por la carga en el quinto apoyo es prácticamente despreciable inclusive para un balasto malo ($C = 3$ [kg/cm²]).

A medida que aumenta la separación de los durmientes o que mejoran las condiciones del balasto, disminuye γ , y en la línea de influencia de los momentos flectores va aumentando el predominio a la parte debida a la flexibilidad propia del riel, disminuyendo en cambio, la parte debida a la deformabilidad de los apoyos.

El estudio matemático, llevado acabo por Deker y Desprets, permite poner en evidencia una propiedad curiosa de estas piezas hiperestáticas. En una pieza prismática

⁸ Fuente: Referencia [8]

análoga sobre apoyos rígidos con un solo tramo cargado, los momentos en los apoyos sucesivos de los tramos no cargados siguen una ley constantemente decreciente; pues bien esta propiedad persiste hasta un cierto grado de elasticidad de los apoyos. Demuestra Desprets que si, $\gamma < \frac{1}{24}$, la pieza es asimilable a una viga apoyada sobre apoyos rígidos múltiples y el decrecimiento de los momentos es constante. Si por el contrario, $\gamma > \frac{1}{24}$, caso de todas las vías férreas sobre balasto, el coeficiente de decrecimiento se hace imaginario y dicha propiedad desaparece. El problema es sin embargo soluble asimilando las reacciones sucesivas a una suma de potencias constantes de la variable imaginaria y determinando los parámetros, de modo que aparezcan valores reales.

Es de advertir que en el cálculo directo se consideran los durmientes como articulaciones, despreciando su ancho, que es una fracción considerable $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ de la separación entre ejes; en realidad, los durmientes constituyen empotramientos elásticos que, a parte de sus recorridos verticales, los tiene también giratorios con las correspondientes reacciones y momentos. Si del límite, de suponer los durmientes reducidos a rótula pasamos al opuesto, suponiendo que el número de apoyos crece indefinidamente, disminuyendo al mismo tiempo su separación, y que las reacciones desarrolladas en el ancho, b , de el durmiente paralelamente al riel se reparten en la longitud entre ejes de las mismas, se puede considerar el riel como flotante, dando lugar al procedimiento de cálculo que será expuesto a continuación.

Como conclusión puede sentarse que los métodos precedentes, son tan solo una muestra del proceso evolutivo en el estudio de la vía apoyada en forma discreta. La

metodología actualmente usada, formulada por Zimmermann, en general, supone al riel apoyado en forma continua y uniforme.

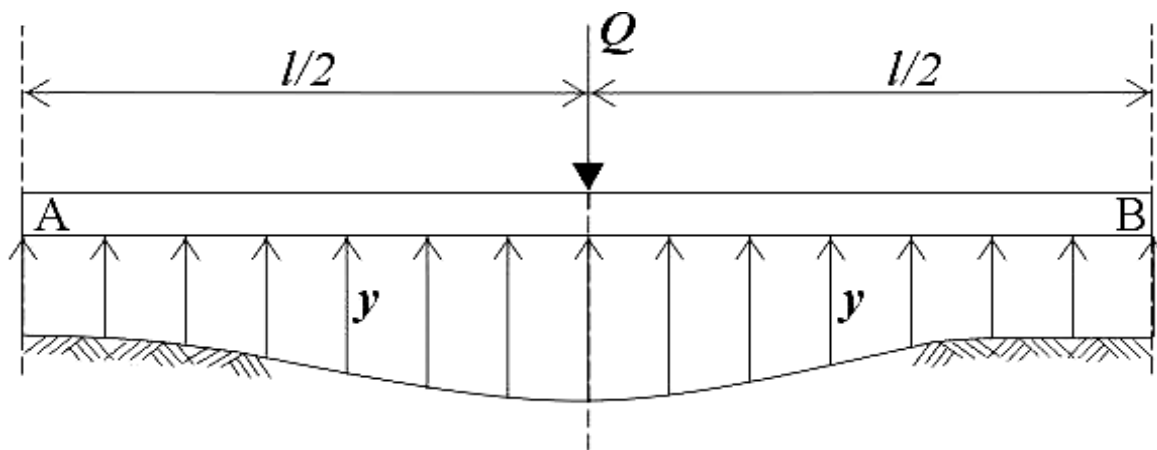
5.4. MÉTODO DEL APOYO ELÁSTICO CONTINUO

Este método, conocido también con el nombre de Método de Zimmermann I, conduce a resultados más aproximados a la realidad, siendo el más efectivo además de práctico en su cálculo por lo que se recomienda en los casos más generales.

El problema de la repartición de las cargas del peso de los vehículos transmitidas al balasto por intermedio de los durmientes y, por consiguiente, la determinación de las reacciones de aquel sobre estos y sobre el riel, se reduce al problema tan conocido en la mecánica elástica con el nombre de *problema de la viga flotante*, y que brevemente vamos a recordar.

5.4.1. TEORÍA Y DIAGRAMAS.

La hipótesis es la de considerar el riel sometido a reacciones continuas obedientes a la ley de proporcionalidad de Winkler, es decir, suponer el riel colocado sobre un asiento elástico continuo en vez de sobre durmientes aislados. Experiencias ya antiguas demuestran en efecto, que los rieles apoyados sobre durmientes espaciales se comportan prácticamente como si reposaran sobre un apoyo elástico continuo. Entonces, podemos considerar el riel como una barra de longitud infinita, sin peso propio, reposando sobre una base elástica continua en la que, la constante de proporcionalidad entre reacciones y cargas es el coeficiente de reacción del durmiente que se convertiría en el *coeficiente de balasto o de Winkler* como si se tratara, solamente del apoyo del durmiente sobre este.

Fig. 5. 8 Viga infinita sobre lecho elástico.⁹

La viga AB en la figura 5.8, que recibe una carga concentrada Q , que es carga por rueda, determinada como la mitad de la carga por eje P , constituye efectivamente, una viga que flota en la elasticidad del terreno. La ley de repartición de las cargas sobre el terreno depende de la rigidez de la pieza y de la elasticidad del terreno. Sea E el coeficiente de elasticidad de la viga; I su momento de inercia, y b_l , su ancho en sentido normal a la figura, el que será calculado como un ancho de la viga ficticia, donde se concentran las cargas, como se muestra en la figura 5.9 y que suponemos es suficientemente pequeño con relación a la longitud de la viga, para que la pieza pueda considerarse rígida en sentido transversal.

El ancho de la viga ficticia en consideración, será calculado con la ecuación [5.30], que considera la semi-longitud $(l-s)$ y la separación entre durmientes, donde s es la distancia entre los centros de aplicación de las cargas de las ruedas en los rieles, como se muestra en la figura 5.18, (donde $l = \text{longitud del durmiente}; s = \text{distancia entre ejes de riel}$).

⁹ Fuente: Referencia [8]

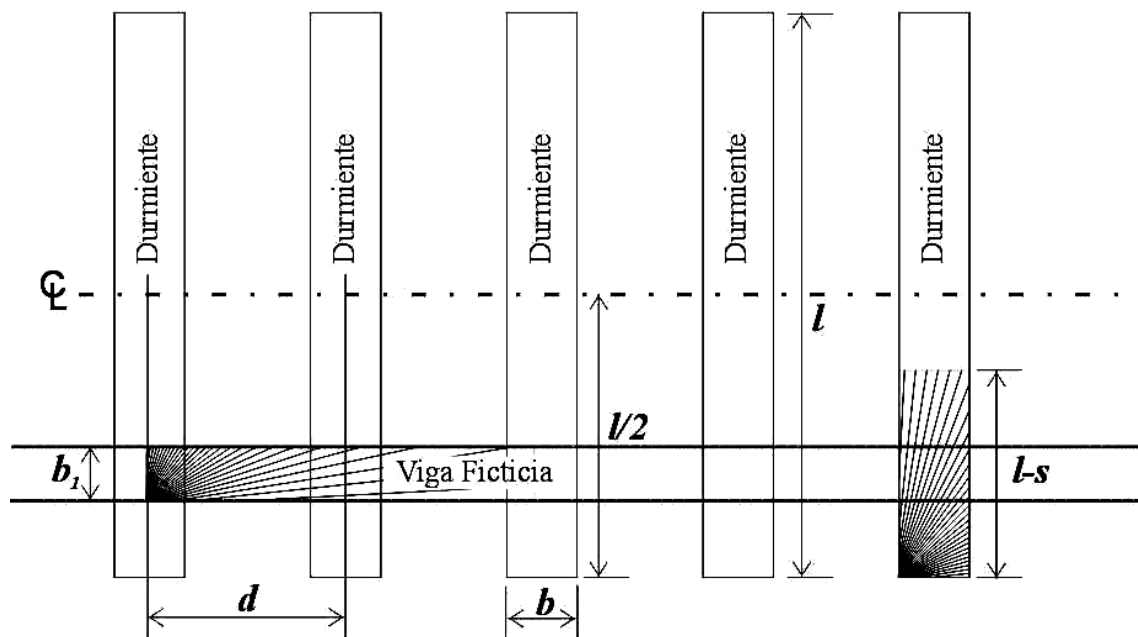


Fig. 5. 9 Viga ficticia de ancho b_1 .¹⁰

$$b_1 = \frac{(l-s) \cdot b}{d} \quad [5.30]$$

El valor de la reacción r por unidad de longitud en un punto cualquiera del terreno es, en función de la constante elástica de la plataforma y de la deformación y :

$$r = C \cdot y \cdot b_1 \quad [5.31]$$

Tomando como origen de coordenadas el punto de aplicación de la fuerza y como positivas las deformaciones descendentes, la ecuación diferencial de la elástica esta dada por la ecuación [5.32].

$$E \cdot I \cdot \frac{d^2 y}{dx^2} = -M \quad [5.32]$$

¹⁰ Fuente: Referencia[13].

Siendo M el momento flector en el punto de abscisa x ; y como el esfuerzo cortante en dicho punto es:

$$T = \int r \cdot dx, \text{ o sea: } \frac{dT}{dx} = r$$

derivando dos veces dicha ecuación diferencial se obtiene:

$$E \cdot I \cdot \frac{d^4 y}{dx^4} = -C \cdot y \cdot b_1 \quad [5.33]$$

que es la Ecuación Diferencial Básica de Zimmermann. La resolución de esta ecuación es conocida. Si se hace un cambio de variable independiente tomando como unidad de longitud la magnitud:

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{C \cdot b_1}} \quad [5.34]$$

Donde

L =Unidad elástica o Elástica de la vía (que es efectivamente, una longitud).

Si se tiene $x' = \frac{x}{L}$, y sustituyendo en la ecuación diferencial [5.33], resulta:

$$y = -\frac{1}{4} \cdot \frac{d^4 y}{dx'^4} \quad [5.35]$$

La integral general de este tipo de ecuación es:

$$y = (C_1 \cdot e^{x'} + C_2 \cdot e^{-x'}) \cdot \cos x' + (C_3 \cdot e^{x'} + C_4 \cdot e^{-x'}) \cdot \sin x' \quad [5.36]$$

En la ecuación [5.36] se precisa determinar las constantes por las condiciones límites del problema.

Para $x' = 0$, centro del durmiente, la tangente a la elástica es horizontal $\left(\frac{dy}{dx'} = 0\right)$ y el esfuerzo tangencial en dicho punto es $Q/2$, deduciéndose de estas dos condiciones el valor de las constantes C_1 y C_2 .

Para los extremos de la viga $x' = \pm \frac{l}{L}$, siendo nulos el momento flector y la carga tangencial de modo que son cero, las derivadas 2ª y 3ª. En estas condiciones se hallan los valores de C_3 y C_4 .

$$C_1 = C_3 = 0, \quad C_2 = C_4 = \frac{Q}{2 \cdot C \cdot b_1 \cdot L}$$

La ecuación de la elástica para el hundimiento es:

$$y = \frac{Q}{2 \cdot C \cdot b_1 \cdot L} \cdot e^{-x'} (\cos x' + \sin x') \quad [5.37]$$

La ley de presiones es, por tanto:

$$r = C \cdot b_1 \cdot y = \frac{Q}{2 \cdot L} \cdot e^{-x'} (\cos x' + \sin x') \quad [5.38]$$

y la de momentos:

$$M = -\frac{C \cdot b_1 \cdot L^2}{4} \cdot \frac{d^2 y}{dx'^2} = \frac{1}{4} \cdot Q \cdot L \cdot e^{-x'} (\cos x' - \sin x') \quad [5.39]$$

Las curvas

$$\eta = e^{-x'} (\cos x' + \operatorname{sen} x') \quad [5.40]$$

$$\mu = e^{-x'} (\cos x' - \operatorname{sen} x') \quad [5.41]$$

llamadas por Zafra *líneas aritméticas* como se muestran en la figura 5.10, se pueden establecer

de una vez para distintos valores de $x' = \frac{x}{L}$, teniéndose entonces:

$$y = \frac{Q}{2 \cdot C \cdot b_1 \cdot L} \cdot \eta \quad [5.42]$$

$$r = \frac{Q}{2 \cdot L} \cdot \eta \quad [5.43]$$

$$M = \frac{1}{4} Q \cdot L \cdot \mu \quad [5.44]$$

Las abscisas o longitudes serán las numéricas indicadas en la figura 5.10, multiplicadas por L .

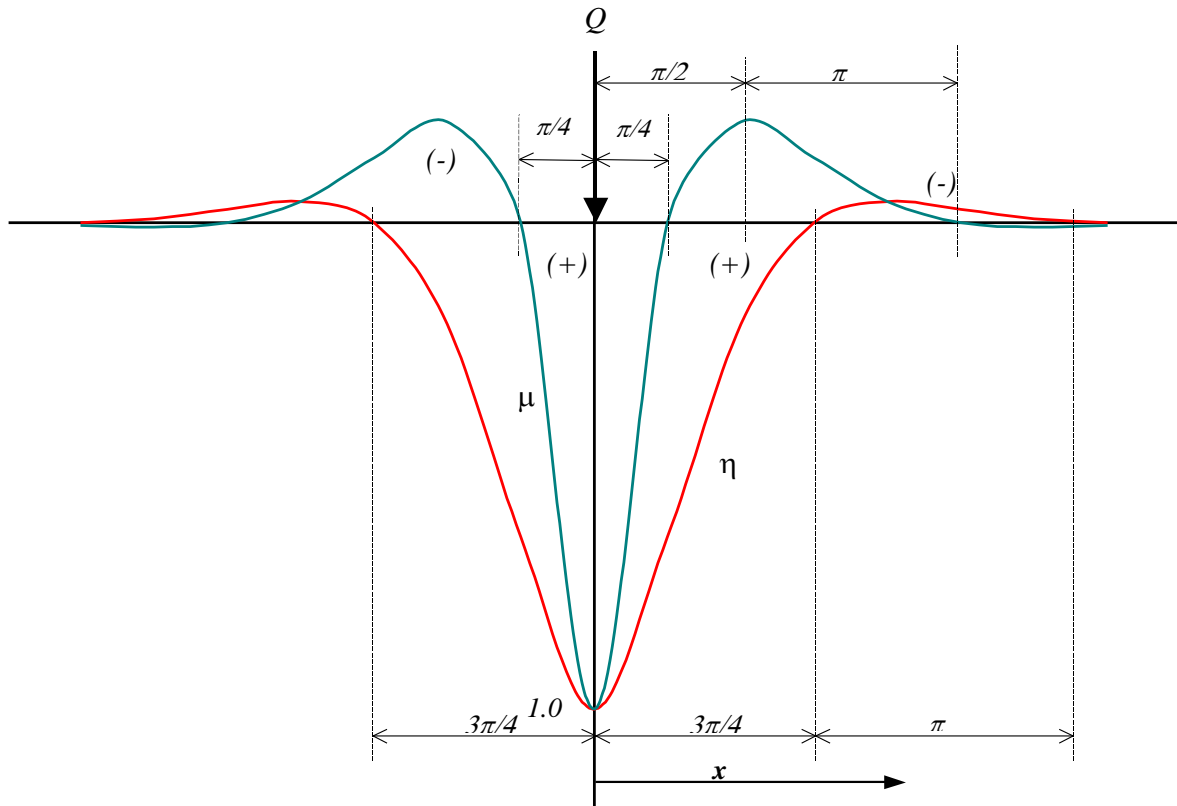


Fig. 5. 10 Diagrama de deformación y momento producto de Q.¹¹

Comentarios:

si

$x < \frac{\pi}{4}$ La Viga Fundación es Rígida

$\frac{\pi}{4} < x < \pi$ La viga de fundaciones Semi – Rígida

$x > \pi$ La Viga Fundación es Elastica

Recordando que el riel solicitado por una carga aislada Q , cuyo punto de aplicación se toma como origen de coordenadas, las ecuaciones fundamentales completas serán:

¹¹ Fuente: Referencia [8]

► **PARA EL HUNDIMIENTO**

$$y = \frac{Q}{2 \cdot b_1 \cdot C} \cdot \frac{1}{L} \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left(\cos \frac{x}{L} + \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right) \quad [5.45]$$

► **PARA EL MOMENTO**

$$M = \frac{Q}{4} \cdot L \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left(\cos \frac{x}{L} - \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right) \quad [5.46]$$

► **PARA LA PRESIÓN**

$$P = \frac{Q}{2 \cdot b_1} \cdot \frac{1}{L} \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left(\cos \frac{x}{L} + \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right) \quad [5.47]$$

5.4.1.1. VIGA DE FUNDACIÓN DE LONGITUD INFINITA

Como se muestra en las ecuaciones anteriormente desarrolladas, esta considera una fundación continua de ancho b y longitud infinita, soportada esta en todo su largo en un suelo elástico continuo, tal que la deflexión y de la fundación en cualquier punto distante x del origen es proporcional a la relación de intensidad de presión P en ese punto Figura.5.11

La figura 5.11 representa a una carga concentrada actuando en una fundación de longitud infinita¹². El caso es simétrico y el origen de las coordenadas se toman en el punto de aplicación de la carga.

Para este caso se analizara la mitad de la fundación a la derecha de la carga

¹² Fuente: Referencia [18]

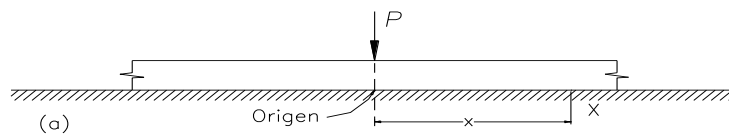


Fig. 5. 11. Fundación de Longitud infinita con carga puntual¹³

Se cumple que $C = \frac{P}{y}$

Si $\lambda = \frac{1}{L}$ y $x' = \frac{x}{L}$

Tenemos que

$$x' = \lambda x$$

Reemplazando en la ecuación general [5.36] se obtiene

$$y = (C_1 \cdot e^{\lambda x} + C_2 \cdot e^{-\lambda x}) \cdot \cos \lambda x + (C_3 \cdot e^{\lambda x} + C_4 \cdot e^{-\lambda x}) \cdot \sin \lambda x \quad [5. 48]$$

λ es conocido como la característica o factor de amortiguamiento del sistema y tiene influencia en la forma de la curva elástica al igual que su recíproco L como se aprecia en la Figura 5.10, las constantes de integración $C_1, C_2, C_3,$ y C_4 se determinan a partir de las condiciones de borde conocidas para cualquier caso particular como se vio anteriormente.

Las siguientes ecuaciones fueron obtenidas para el lado derecho de la fundación.

► **PARA EL HUNDIMIENTO**

$$y_x = \frac{Q}{2 \cdot b \cdot C} \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda x} \cdot (\cos \lambda x + \text{sen} \lambda x) = \frac{Q \cdot \lambda}{2 \cdot b \cdot C} A_{\lambda x} \quad [5. 49]$$

¹³ Fuente: Referencia[18]

► **PARA PENDIENTE**

$$\theta_x = -\frac{Q}{b \cdot C} \cdot \lambda^2 \cdot e^{-\lambda x} \cdot (\text{sen } \lambda x) = -\frac{Q \cdot \lambda^2}{b \cdot C} B_{\lambda x} \quad [5.50]$$

► **PARA EL MOMENTO**

$$M_x = \frac{Q}{4\lambda} \cdot e^{-\lambda x} \cdot (\cos \lambda x - \text{sen } \lambda x) = \frac{Q}{4\lambda} C_{\lambda x} \quad [5.51]$$

► **PARA LA FUERZA DE CORTE**

$$S_x = -\frac{Q}{2} \cdot e^{-\lambda x} \cdot (\cos \lambda x) = -\frac{Q}{2} D_{\lambda x} \quad [5.52]$$

Donde A , B , C y D representan $e^{-x\lambda}$ multiplicada por la respectiva función en paréntesis. La curva representada por estas ecuaciones están graficadas en la Figura 5.12, Se puede ver que estas tienen las características de ondas de amortiguación, con una reducción gradual de amplitud. Los valores de A , B , C y D están dados en Tabla 5.4.

La convención de signos es importante en este método cuando las cargas actúan hacia abajo, en este caso la deflexión o hundimiento nominal es positiva tanto para el lado derecho o el lado izquierdo de la carga, pero el signo real es determinado por $A_{\lambda x}$ pudiendo ser este negativo o positivo. La pendiente es nominalmente positiva a la izquierda de la carga y negativa a la derecha, el signo real es influenciado por el signo de $B_{\lambda x}$. El momento flector es nominalmente positivo a la derecha e izquierda pero es influenciado por el signo de $C_{\lambda x}$. La fuerza cortante es nominalmente positiva a la izquierda y negativa a la derecha, pero es influenciada por el signo de $D_{\lambda x}$. La carga hacia abajo es positiva. El valor de x es positivo a la derecha y a la izquierda de la carga.

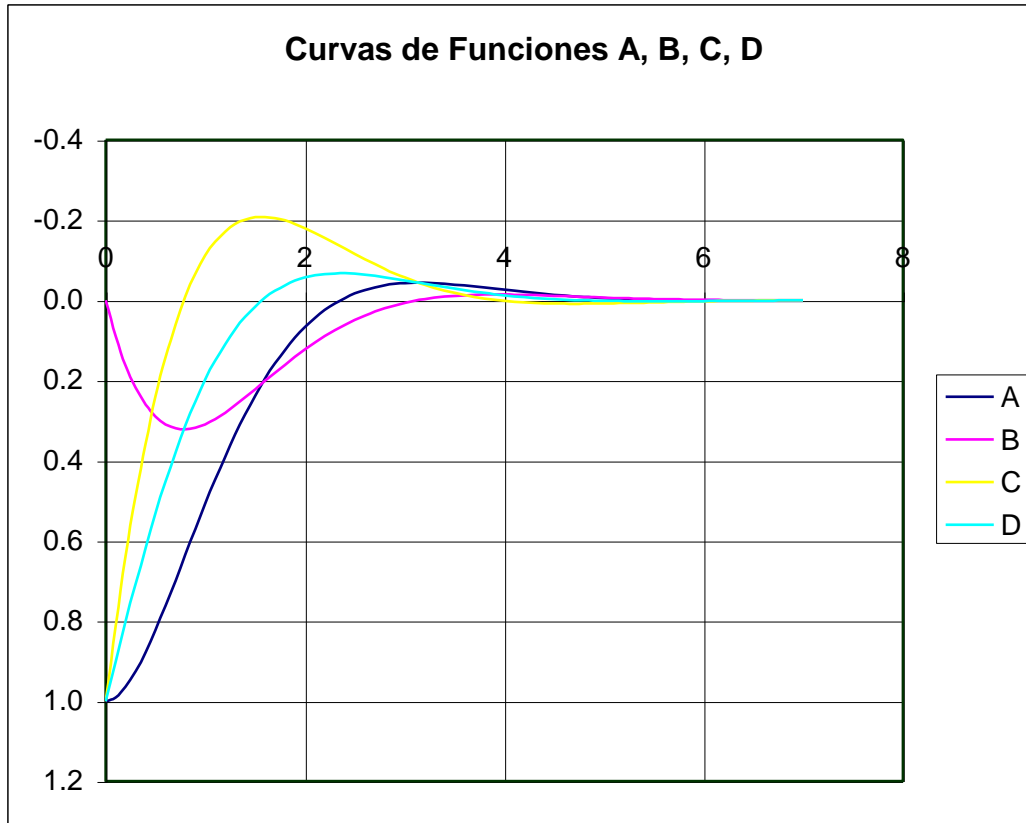


Fig. 5. 12. Grafica de funciones A, B, C y D¹⁴

Tabla 5. 4 de Coeficientes Multiplicadores¹⁵

¹⁴ Fuente: Referencia[18]

¹⁵ Fuente: Referencia [18]

λx	A	B	C	D	λx	A	B	C	D
0	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000					
0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245
0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210
0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177
0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147
0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120
0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095
0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074
0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054
0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038
1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023
1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011
1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001
1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007
1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014
1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019
1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023
1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026
1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028
1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029
2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029
2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029
2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028
2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	0.0027
2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	0.0025
2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	6	0.0017	-0.0007	0.0031	0.0024
2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	0.0022
2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	0.0020
2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	6.3	0.0019	0.0000	0.0018	0.0018
2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	6.4	0.0018	0.0002	0.0015	0.0017
3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	6.5	0.0018	0.0003	0.0011	0.0015
3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	6.6	0.0017	0.0004	0.0009	0.0013
3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	6.7	0.0016	0.0005	0.0006	0.0011
3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	6.8	0.0015	0.0006	0.0004	0.0010
3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	6.9	0.0014	0.0006	0.0002	0.0008
3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	7	0.0013	0.0006	0.0001	0.0007

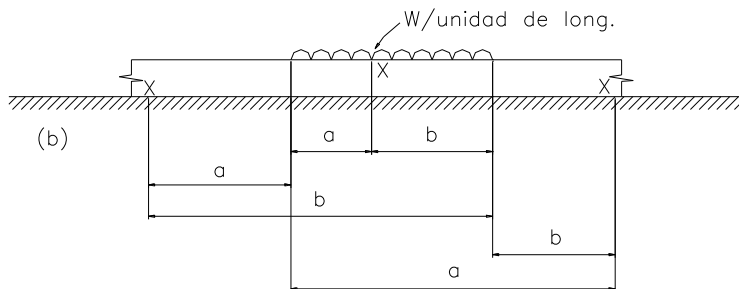


Fig. 5. 13. Fundación de Longitud infinita con Carga Uniformemente Repartida.¹⁶

Las expresiones pueden ser derivadas por métodos similares para cargas uniformemente distribuidas W (por unidad de longitud de la fundación) de largo finito aplicando a una fundación de longitud infinita, como en la Figura 5.13. Hetényi propuso lo siguiente.

Cuando el punto X se sitúa dentro del largo de la carga se tiene

► **PARA EL HUNDIMIENTO**

$$y_x = \frac{W}{2 \cdot b \cdot C} \cdot (2 - D_{\lambda a} - D_{\lambda b}) \quad [5.53]$$

► **PARA PENDIENTE**

$$\theta_x = -\frac{W}{2 \cdot b \cdot C} \cdot (A_{\lambda a} - A_{\lambda b}) \quad [5.54]$$

► **PARA EL MOMENTO**

$$M_x = \frac{Q}{4\lambda^2} \cdot (B_{\lambda a} + B_{\lambda b}) \quad [5.55]$$

► **PARA LA FUERZA DE CORTE**

$$S_x = -\frac{W}{4\lambda} \cdot (C_{\lambda a} - C_{\lambda b}) \quad [5.56]$$

Comentarios. Notar que si a y b son grandes $D_{\lambda a}$ y $D_{\lambda b}$ van a ser pequeños por tanto $y \approx \frac{W}{b \cdot C}$ así que, bajo la porción central del largo de la carga distribuida el momento puede ser despreciado y W es transmitido directamente al suelo.

¹⁶ Fuente: Referencia [18]

Cuando el punto x esta comprendido al lado derecho o izquierdo de la carga.

▶ **PARA EL HUNDIMIENTO**

$$y_x = \frac{+}{-} \frac{W}{2 \cdot b \cdot C} \cdot (2 - D_{\lambda a} - D_{\lambda b}) \quad [5.53]$$

▶ **PARA PENDIENTE**

$$\theta_x = \frac{+}{+} \frac{W}{2 \cdot b \cdot C} \cdot (A_{\lambda a} - A_{\lambda b}) \quad [5.54]$$

▶ **PARA EL MOMENTO**

$$M_x = \frac{-}{+} \frac{Q}{4\lambda^2} \cdot (B_{\lambda a} + B_{\lambda b}) \quad [5.55]$$

▶ **PARA LA FUERZA DE CORTE**

$$S_x = \frac{+}{+} \frac{W}{4\lambda} \cdot (C_{\lambda a} - C_{\lambda b}) \quad [5.56]$$

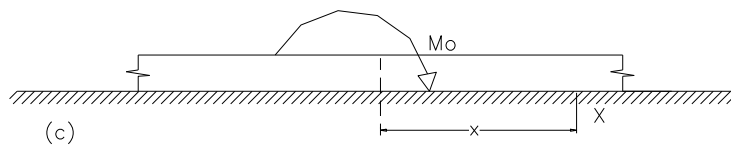


Fig. 5. 14. Fundación de Longitud infinita solicitada por un Momento Giratorio.¹⁷

¹⁷ Fuente: Referencia [18]

Una solución mas acabada la que es usada en el diseño, es aquella que considera una fundación de longitud infinita sujeta a momento giratorio M_0 , como en la Figura 5.14, puede ser mostrada para la porción derecha de la fundación con respecto al punto de aplicación del momento.

▶ **PARA EL HUNDIMIENTO**

$$y_x = \frac{M_0 \lambda^2}{b \cdot C} \cdot B_{\lambda x} \quad [5.57]$$

▶ **PARA PENDIENTE**

$$\theta_x = -\frac{M_0 \lambda^3}{b \cdot C} \cdot C_{\lambda x} \quad [5.58]$$

▶ **PARA EL MOMENTO**

$$M_x = \frac{M_0}{2} \cdot D_{\lambda x} \quad [5.59]$$

▶ **PARA LA FUERZA DE CORTE**

$$S_x = -\frac{M_0 \lambda}{2} \cdot A_{\lambda x} \quad [5.60]$$

En este caso la deflexión es nominalmente positiva a la derecha de el punto de aplicación del momento y negativa a la izquierda. La pendiente es nominalmente positiva tanto a la derecha como a la izquierda. El momento flector es nominalmente positivo a la derecha y negativo a la izquierda, la fuerza cortante es negativa a la derecha e izquierda. El signo es revertido si es de giro anti horario, todo esto esta sujeto a las influencias del signo correspondiente a la función A , B , C y D .

5.4.1.2. VIGA DE LONGITUD FINITA

La discusión mostrada a continuación trata el tema de las fundaciones de longitud finita. La aplicación de esta teoría sobre las estructura está limitada a casos especiales, como por ejemplo el caso de los rieles “railway track”; sin embargo, para considerar su uso en casos generales, esta teoría debe ser modificada para trabajar sobre fundaciones de longitud finita. En este caso, se deben satisfacer tanto las condiciones de borde como los requerimientos de la ecuación diferencial de la elástica “elastic line”. Primeramente, se considera la fundación de longitud finita, y los momentos de flexión (M_A) y las fuerzas de corte (S_A y S_B) en los extremos de la fundación se calculan para la carga aplicada. Luego, se crean las condiciones de borde introduciendo las condiciones de borde de los momentos (M_{0A} y M_{0B}) y de las fuerzas (P_{0A} y P_{0B}), como de ve en figura 5.15, lo cuál reduce el momento flector y las fuerzas de corte en los extremos a cero. A fin de que esto ocurra, las condiciones de borde de los momentos y de las fuerzas deben producir momentos flectores ($-M_A$ y $-M_B$) y fuerzas de corte ($-S_A$ y $-S_B$) en los extremos.

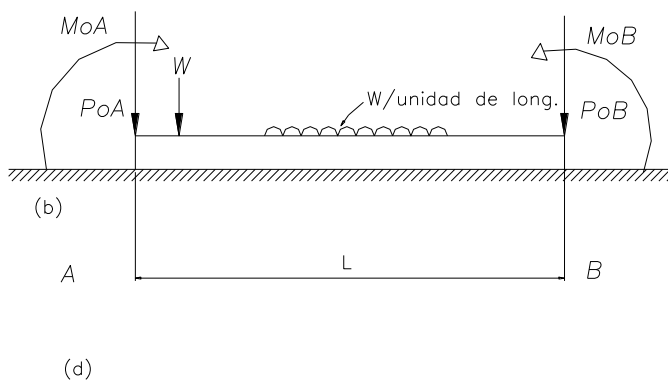


Fig. 5. 15. Fundación Continua de Longitud Finita.

De esta manera, sustituyendo en las ecuaciones (5.51), (5.52), (5.59) y (5.60), se tiene:

$$\frac{P_{0A}C_{\lambda 0}}{4\lambda} + \frac{P_{0B}C_{\lambda L}}{4\lambda} + \frac{M_{0A}D_{\lambda 0}}{2} + \frac{M_{0B}D_{\lambda L}}{2} = -M_A \quad [5.61]$$

$$\frac{P_{0A}C_{\lambda L}}{4\lambda} + \frac{P_{0B}C_{\lambda 0}}{4\lambda} + \frac{M_{0A}D_{\lambda L}}{2} + \frac{M_{0B}D_{\lambda 0}}{2} = -M_B \quad [5.62]$$

$$-\frac{P_{0A}D_{\lambda 0}}{2} + \frac{P_{0B}D_{\lambda L}}{2} - \frac{M_{0A}\lambda A_{\lambda 0}}{2} + \frac{M_{0B}\lambda A_{\lambda L}}{2} = -S_A \quad [5.63]$$

$$-\frac{P_{0A}D_{\lambda L}}{2} + \frac{P_{0B}D_{\lambda 0}}{2} - \frac{M_{0A}\lambda A_{\lambda L}}{2} + \frac{M_{0B}\lambda A_{\lambda 0}}{2} = -S_B \quad [5.64]$$

Nótese que $A_{0\lambda}$, $C_{\lambda 0}$ y $D_{\lambda 0}$ tienen valor unitario.

Este conjunto de ecuaciones simultáneas pueden ser resueltas fácilmente utilizando las siguientes sustituciones. Multiplicar (5.61) y (5.62) por 4λ , y (5.63) y (5.64) por -2 .

$$P_{0A} + P_{0B}C_{\lambda L} + 2\lambda M_{0A} + 2\lambda M_{0B}D_{\lambda L} = -4\lambda M_A \quad [5.65]$$

$$P_{0A}C_{\lambda L} + P_{0B} + 2\lambda M_{0A}D_{\lambda L} + 2\lambda M_{0B} = -4\lambda M_B \quad [5.66]$$

$$P_{0A} - P_{0B}D_{\lambda L} + \lambda M_{0A} - \lambda M_{0B}A_{\lambda L} = 2S_A \quad [5.67]$$

$$P_{0A}D_{\lambda L} - P_{0B} + \lambda M_{0A}A_{\lambda L} - \lambda M_{0B} = 2S_B \quad [5.68]$$

De (5.65) y (5.66), se tiene

$$\begin{aligned} (1 + C_{\lambda L})(P_{0A} + P_{0B}) + 2\lambda(1 + D_{\lambda L})(M_{0A} + M_{0B}) \\ = -4\lambda(M_A + M_B) \end{aligned} \quad [5.69]$$

$$\begin{aligned} (1 - C_{\lambda L})(P_{0A} - P_{0B}) + 2\lambda(1 - D_{\lambda L})(M_{0A} - M_{0B}) \\ = -4\lambda(M_A - M_B) \end{aligned} \quad [5.70]$$

Y de (5.69) y (5.70), se tiene:

$$\begin{aligned} (1 + D_{\lambda L})(P_{0A} - P_{0B}) + \lambda(1 + A_{\lambda L})(M_{0A} - M_{0B}) \\ = 2(S_A + S_B) \end{aligned} \quad [5.71]$$

$$\begin{aligned} (1 - D_{\lambda L})(P_{0A} - P_{0B}) + \lambda(1 - A_{\lambda L})(M_{0A} + M_{0B}) \\ = 2(S_A - S_B) \end{aligned} \quad [5.72]$$

Haciendo las siguientes igualdades:

$$\begin{array}{ll} P_{0A} + P_{0B} = 2P'_0 & M_{0A} + M_{0B} = 2M_0 \\ P_{0A} - P_{0B} = 2P''_0 & M_{0A} - M_{0B} = 2M''_0 \\ S_A + S_B = 2S''_A & M_A + M_B = 2M'_A \\ S_A - S_B = 2S'_A & M_A - M_B = 2M''_A \end{array}$$

Luego, sustituyendo estos valores en (5.69) y (5.72), se tiene:

$$(1 + C_{\lambda L})P'_0 + 2\lambda(1 + D_{\lambda L})M'_0 = -4\lambda M'_A \quad [5.73]$$

$$(1 + D_{\lambda L})P'_0 + \lambda(1 - A_{\lambda L})M'_0 = S'_A \quad [5.74]$$

Donde:

$$P'_0 = 4E_1[S'_A(1 + D_{\lambda L}) + \lambda M'_A(1 + A_{\lambda L})] \quad [5.75]$$

$$M'_0 = \frac{2}{\lambda}E_1[S'_A(1 + C_{\lambda L}) + 2\lambda M'_A(1 - D_{\lambda L})] \quad [5.76]$$

Donde:

$$E_1 = \frac{1}{2(1 + D_{\lambda L})(1 - D_{\lambda L}) - (1 - A_{\lambda L})(1 + C_{\lambda L})} \quad [5.77]$$

Y, sustituyendo en (5.70) y (5.71), se tiene:

$$(1 + C_{\lambda L})P''_0 + 2\lambda(1 + D_{\lambda L})M''_0 = -4\lambda M''_A \quad [5.78]$$

$$(1 + D_{\lambda L})P''_0 + \lambda(1 - A_{\lambda L})M''_0 = 2S''_A \quad [5.79]$$

donde

$$P''_0 = 4E_2[S''_A(1 + D_{\lambda L}) + \lambda M''_A(1 + A_{\lambda L})] \quad [5.80]$$

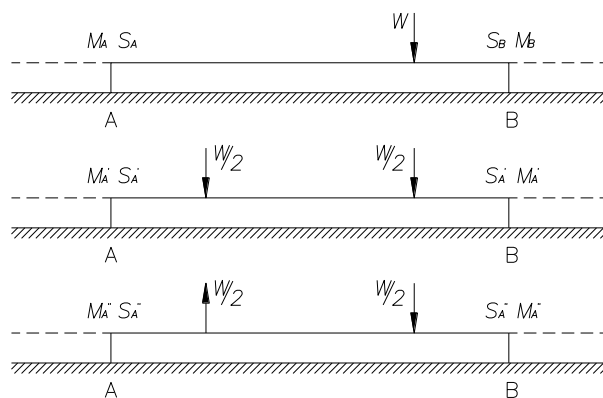
$$M''_0 = -\frac{2}{\lambda}E_2[S''_A(1 - C_{\lambda L}) + 2\lambda M''_A(1 + D_{\lambda L})] \quad [5.81]$$

donde

$$E_2 = \frac{1}{2(1 + D_{\lambda L})(1 - D_{\lambda L}) - (1 + A_{\lambda L})(1 - C_{\lambda L})} \quad [5.82]$$

Las expresiones (5.75) a (5.82) son idénticas a las expresiones derivadas de los primeros fundamentos de Hetényi, que especificó que M'_A y S'_A son los momentos flectores y las fuerzas de corte en los extremos de la fundación para la parte simétrica del sistema de carga, y M''_A y S''_A están relacionados con la parte no-simétrica, como se muestra en la figura 5.16. Los símbolos adoptados por Hetényi se retuvieron en esta sección a modo de comparación, aunque cualquier símbolo es suficiente para realizar las sustituciones. Los valores de M'_A , M''_A , S'_A y S''_A se determinan a partir de los valores calculados de M_A , M_B , S_A y S_B y se sustituyen en (5.75), (5.76), (5.80) y (5.81), y los valores de M'_o , M''_o , P'_o y P''_o obtenidos se usan para determinar M_{oA} , M_{oB} , P_{oA} y P_{oB} .

Si los extremos en voladizo de la fundación que se muestra en la figura 5-16 se extienden lo suficientemente más allá de las columnas B y D, los valores de M_A y M_B tienden a cero y la



Notación de Hetényi para fundaciones de longitud finita.

Fig. 5. 16. Fundación Continua de Longitud Finita

aplicación de las condiciones de borde de las fuerzas no es necesaria. Si $\lambda x > 3$, M_A o M_B son menores al 10% de los momentos bajo las columnas B o D. En forma aproximada, en suelos

promedio la proyección en voladizo debe exceder entre el 10 y el 30% del ancho de la fundación para soportar. Sin embargo, en la práctica no es deseable una longitud en cantilever de la fundación de esta magnitud. Si una fundación es corta y tiene una sola línea de carga ($\lambda x < 1$), se puede asumir que las deformaciones por flexión son pequeñas comparadas con las deformaciones del suelo, y por ende la fundación puede ser considerada como rígida. Esta condición es consistente en suelos promedio sólo si la proyección es menor a 5 o 10 veces el ancho de la fundación. Esta condición la satisfacen la mayoría de las fundaciones individuales, como se muestra en los alcances del Capítulo 4. Además, si $\lambda x > 3$ para fundaciones individuales de longitud L , cada extremo de la fundación se separará del suelo para una distancia de aproximadamente $\frac{3}{2\lambda}$.

El método tratado en esta sección puede ser desarrollado para ser aplicado sobre fundaciones de momento de inercia variable. Brevemente, para este caso cada sección de diferente Inercia I es tratada en forma independiente. Se ha encontrado que existen diferencias relativas en cuanto a la pendiente y la deflexión que existe entre los extremos de secciones adyacentes. La continuidad se produce eliminando estas diferencias realizando el promedio entre los valores de los momentos y el promedio entre los valores de corte. Un procedimiento similar se adopta cuando el módulo del suelo varía a través a lo largo de la fundación. En este caso, la fundación se divide en secciones que tengan asociadas valores uniformes de C . Una variedad de problemas de fundaciones sobre suelos elásticos pueden ser tratadas mediante este método, incluyendo el caso de placas planas y fundaciones sujetas a torsión.

Hetenyi (1946) desarrollo ecuaciones para una carga en cualquier punto de la viga de longitud finita como se ve en figura 5.17., medido del extremo izquierdo como sigue.

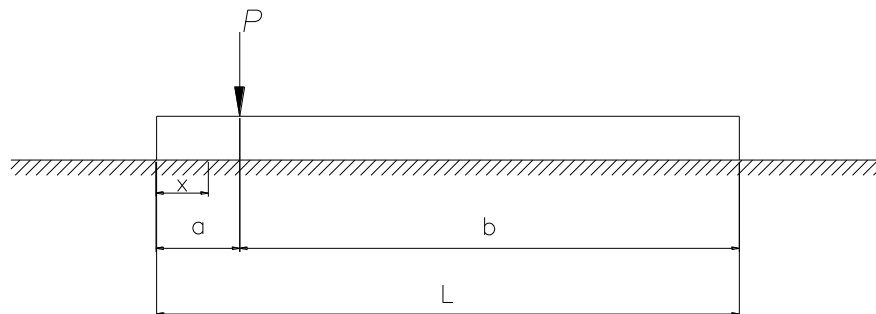


Fig. 5. 17. Viga de Fundación de Longitud Finita¹⁸

► **PARA EL HUNDIMIENTO**

$$Y = \frac{P\lambda}{K_s} \times \frac{1}{\sinh^2(\lambda L) - \sin^2(\lambda L)} \times (A + B) \quad [5.83]$$

donde

$$A = (2 \cosh(\lambda x) \times \cos(\lambda x)) \times (\sinh(\lambda L) \times \cos(\lambda a) \times \cosh(\lambda b) - \sin(\lambda L) \times \cosh(\lambda a) \times \cos(\lambda b))$$

$$B = (\cosh(\lambda x) \times \sin(\lambda x) + \sinh(\lambda x) \times \cos(\lambda x)) \times (\sinh(\lambda L) \times (\sin(\lambda a) \times \cosh(\lambda b) - \cos(\lambda a) \times \sin(\lambda b))) + (\sin(\lambda L) \times (\sinh(\lambda a) \times \cos(\lambda b) - \cosh(\lambda a) \times \sinh(\lambda b)))$$

► **PARA EL MOMENTO FLECTOR**

$$M = \frac{P}{2\lambda} \times \frac{1}{\sinh^2(\lambda L) - \sin^2(\lambda L)} \times (D + G) \quad [5.84]$$

donde

$$D = (2 \sinh(\lambda x) \times \sin(\lambda x)) \times (\sinh(\lambda L) \times \cos(\lambda a) \times \cosh(\lambda b) - \sin(\lambda L) \times \cosh(\lambda a) \times \cos(\lambda b))$$

$$G = (\cosh(\lambda x) \times \sin(\lambda x) - \sinh(\lambda x) \times \cos(\lambda x)) \times (\sinh(\lambda L) \times (\sin(\lambda a) \times \cosh(\lambda b) - \cos(\lambda a) \times \sin(\lambda b))) + (\sin(\lambda L) \times (\sinh(\lambda a) \times \cos(\lambda b) - \cosh(\lambda a) \times \sinh(\lambda b)))$$

► **PARA LA FUERZA DE CORTE**

¹⁸ Fuente: Referencia [7]

$$S = P \times \frac{1}{\sinh^2(\lambda L) - \sin^2(\lambda L)} \times (J + N) \quad [5.85]$$

donde

$$J = (\cosh(\lambda x) \times \sin(\lambda x) - \sinh(\lambda x) \times \cos(\lambda x)) \times (\sinh(\lambda L) \times (\cos(\lambda a) \times \cosh(\lambda b) - \operatorname{sen}(\lambda L) \times \cosh(\lambda b) \times \cos(\lambda b))$$

$$N = (\sinh(\lambda x) \times \sin(\lambda x)) \times (\sinh(\lambda L) \times (\sinh(\lambda a) \times (\cos(\lambda b) - \cos(\lambda a) \times \sinh(\lambda b)) + \sin(\lambda L) \times (\sinh(\lambda a) \times \cosh(\lambda b) - \cosh(\lambda a) \times \sin(\lambda b)))$$

El valor de x a usar en las ecuaciones es medido desde el extremo de la viga hasta el punto donde se quiere estimar la deflexión, el momento y el corte. Si x es menor que la distancia “ a ” usar las ecuaciones como se han mostrado y medir x desde el extremo izquierdo. Si x es mayor que “ a ” reemplace “ a ” por “ b ” en las ecuaciones y mida x desde el extremo derecho.

Como en el caso anterior de la viga de longitud infinita el coeficiente λL de las ecuaciones constitutivas nos indicara si esta debe ser analizada basándose en el procedimiento convencional para una viga rígida o si es analizada como una viga en lecho elástico.

si

$$x < \frac{\pi}{4} \quad \text{La Viga Fundacion es Rígida}$$

$$\frac{\pi}{4} < x < \pi \quad \text{La viga de fundaciones Semi - Rígida}$$

$$x > \pi \quad \text{La Viga Fundación es Elastica}$$

5.4.1.3. ANALOGÍA CON TEORÍAS AMERICANAS EN VÍAS FERREAS.

Por analogía con la notación americana, es necesario introducir el coeficiente c , expresado en kilogramos por centímetro de longitud de vía, el cual, representa la carga necesaria para producir una flecha de 1 cm. Entonces, c es un coeficiente de elasticidad, llamado en Norteamérica, modulo de elasticidad de la vía, y mide la rigidez del apoyo del riel. Depende entonces de la elasticidad de los durmientes y del balasto (variable a su vez con la

naturaleza y espesor de este), de la naturaleza del subsuelo y del modo de transmitirse a este las presiones. Dando así las siguientes ecuaciones [5.86] y [5.87].

$$y = -\frac{Q}{2} \cdot \frac{1}{c} \sqrt[4]{\frac{c}{4EI}} \cdot e^{-x \sqrt[4]{\frac{c}{4EI}}} \left(\cos x \cdot \sqrt[4]{\frac{c}{4EI}} + \operatorname{sen} x \cdot \sqrt[4]{\frac{c}{4EI}} \right) \quad [5.86]$$

$$M = -\frac{Q}{4} \cdot \sqrt[4]{\frac{c}{4 \cdot E \cdot I}} \cdot e^{-x \sqrt[4]{\frac{c}{4 \cdot E \cdot I}}} \left(\cos x \cdot \sqrt[4]{\frac{c}{4 \cdot E \cdot I}} - \operatorname{sen} x \cdot \sqrt[4]{\frac{c}{4 \cdot E \cdot I}} \right) \quad [5.87]$$

Este modulo c , lo mismo que el coeficiente de balasto C , puede servir para caracterizar la calidad de la vía, aunque la deformación no sea siempre proporcionada a la carga sobre todo en el caso de una viga bateada con antigüedad en el cual la ley de deformaciones no es una recta que pasa por el origen como en el caso del modulo constante si no que esta situada a la derecha de aquel existiendo una deformación inicial correspondiente a la aplicación del durmiente a su alveolo.

Es fácil deducir la relación existente entre ambos coeficientes c y C . Prescindiendo de la compresibilidad de los durmientes (en otro caso precisaría reemplazar C por la característica del durmiente D), si l es la longitud de estos y b_l su anchura ficticia, y suponemos que las reacciones desarrolladas en las mismas paralelamente al riel se reparten en la distancia entre ejes del durmiente d , es decir, considerando el riel como flotante, habrá de sustituirse, por definición, la reacción absoluta por riel:

$$R = C \cdot y \cdot l \cdot dx \quad \text{por} \quad R_i = C \cdot y \cdot b_l \cdot l$$

y la reacción unitaria:

$$r = C \cdot y \cdot l \quad \text{por} \quad r_i = C \cdot y \cdot \frac{b_l \cdot l}{d}$$

para obtener la nueva unidad elástica de longitud:

$$L_t = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{\frac{r_t}{y}}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{\frac{C \cdot b_1 \cdot l}{d}}} = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{c}} \quad [5.88]$$

Donde:

$$c = \frac{C \cdot b_1 \cdot l}{d} \quad [5.89]$$

Los valores del modulo c , se calculan prácticamente adicionando las deformaciones de los durmientes sucesivos sobre la longitud deformada y dividiendo la carga total de las ruedas por el número de durmientes y por la distancia entre estos; una carga continua de c [kg/cm] de longitud de riel sobre cada riel dará una flecha de 1 cm en la vía. En otras palabras, c es la carga que, uniformemente repartida por unidad de longitud sobre cada riel, produciría una depresión general de la vía igual a la unidad. Se advierte que, en cualquier caso, las unidades dimensionales de c son en [Kg/cm].

El momento se hará cero para:

$$M = 0 \text{ para } x = \frac{\pi}{4} \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{c}} = x_1 \quad [5.90]$$

teniéndose del mismo modo el hundimiento nulo:

$$y = 0 \text{ para } x = \frac{3 \cdot \pi}{4} \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{c}} = 3 \cdot x_1 \quad [5.91]$$

Por otra parte, el momento máximo será para $x = 0$:

$$M_{\max} = M_0 = \frac{Q}{2} \cdot \sqrt[4]{\frac{E \cdot I}{4 \cdot c}} = 0.318 \cdot Q \cdot x_1 \quad [5.92]$$

con el hundimiento máximo:

$$y_{\max} = -\frac{Q}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt[4]{4 \cdot E \cdot I \cdot c^2}} = -\frac{x}{8 \cdot x_1 \cdot c} \cdot Q \quad [5.93]$$

La tensión máxima en el riel es:

$$\sigma_f = \frac{M_0}{W} = \frac{P \cdot L}{4 \cdot W} \quad [5.94]$$

que puede también escribirse como:

$$\sigma = \frac{l}{S} \beta \frac{P}{4} \cdot \sqrt[4]{\frac{4E}{c}} \quad [5.95]$$

siendo S el área de la sección del riel y para perfiles semejantes, β es constante y, por tanto, σ varía prácticamente en razón inversa de la sección, es decir, del peso del riel.

$$\beta = \frac{S \cdot \sqrt[4]{I}}{W} \quad [5.96]$$

Este método presenta la ventaja de que es muy fácil darse cuenta gráficamente de la influencia de una sección de cargas tal como la producida por los ejes de una locomotora, mediante la adición de las ordenadas de las líneas de influencia respectivas.

5.4.2. INFLUENCIA DE LAS JUNTAS

Las condiciones supuestas se alejan de la realidad en la zona de junta. El momento de inercia de la pieza, que aumenta bruscamente al entrar las bridas a formar parte de la sección disminuye súbita y considerablemente en el plano de la junta al faltar el momento propio del riel, y el mismo proceso se repite en orden inverso hasta llegar al otro extremo de las bridas.

Para darse una idea de la influencia que ejerce la interrupción del riel, prescindamos de la mitigación que producen las bridas y supongamos una viga indefinida en un solo sentido con la fuerza Q en el extremo. En este caso las ecuaciones fundamentales de la viga flotante se convierten en:

$$y = \frac{2 \cdot Q}{L} e^{-x'} \cos x' \quad [5.97]$$

$$M = -Q \cdot L \cdot e^{-x'} \operatorname{sen} x' \quad [5.98]$$

y el esfuerzo tangencial, cuyo valor era

$$T = -\left(\frac{b_1 \cdot C \cdot u}{4}\right) \cdot \frac{d^2 y}{d \cdot x'^2} = -\frac{1}{2} Q \cdot e^{-x'} \cos x' \quad [5.99]$$

se convierte en:

$$T = -Q \cdot e^{-x'} (\cos x' - \operatorname{sen} x') \quad [5.100]$$

Las líneas aritméticas se modifican profundamente respecto al caso anterior, y de las expresiones consignadas se deduce que cuando una rueda pasa por la junta de un riel

suficientemente largo, el asiento producido en el extremo es cuatro veces superior al ordinario en las secciones bastante alejadas de la junta, ya que su valor es:

$$\frac{2Q}{C \cdot b_1 \cdot L}, \quad \text{en lugar de} \quad \frac{Q}{2C \cdot b_1 \cdot L}$$

La flexión máxima se produce a la distancia $0.25 \cdot \pi \cdot L = 0.785 \cdot L$ de la junta y vale:

$$-0.322 \cdot Q \cdot L, \quad \text{en lugar de} \quad -0.250 \cdot Q \cdot L$$

y el mayor esfuerzo tangencial es:

$$-1.00Q, \quad \text{en lugar de} \quad \pm 0.10Q$$

Explican estos resultados la perniciosa influencia de las juntas, anteriormente señalada. Mayor importancia que el aumento de flexión $0.072 \cdot Q \cdot L$, tiene el esfuerzo transversal Q al que están sometidas las bridas y sobre todo la multiplicación del asiento. Aún cuando prácticamente no llegue este al cuádruplo del ordinario porque las bridas restablecen parcialmente la continuidad elástica, es siempre elevado y determina un escalón entre dos rieles consecutivos, situación que vienen a agravar los efectos dinámicos, cuya influencia es desastrosa en la conservación de las juntas.

El autor Alemán Zimmermann, deduce para el esfuerzo máximo R en el centro de las bridas esta dado por la ecuación [5.101].

$$R = \frac{\frac{(1 + 2\alpha_1) \cdot \gamma + (2 + 3\alpha_1) \cdot \alpha_1 - \alpha_0^2}{4\alpha_0} \cdot P - \frac{\varepsilon}{2\alpha_0^2} \cdot B}{1 + \gamma + 3\alpha_1 - \alpha_0 \left(2 - \frac{I}{l} \right)} \quad [5.101]$$

Donde:

γ = Coeficiente de calado.

Q = Carga producida por el peso de la rueda.

B = Coeficiente.¹⁹

$$\alpha_0 = \frac{a_0}{a}$$

$$\alpha_1 = \frac{a_1}{a}$$

I = Momento de inercia del riel

i = Momento de inercia de la sección de ambas bridas

ε = Juego vertical entre brida y riel.

El momento flector en el centro de la brida valdrá:

$$M = R \cdot a_0 \quad [5.102]$$

5.5. HIPÓTESIS DE TALBOT

¹⁹ Ver ecuación [5.15]

La hipótesis del doctor Talbot (1918), basada en las teorías anteriormente estudiadas, básicamente análoga a la presentada por Zimmermann, con la diferencia que los autores americanos no admiten la hipótesis de Winkler, y suponen la existencia de un coeficiente U , denominado módulo de vía, definido como la carga que actuando de forma uniforme a lo largo del riel, produce un asiento o hundimiento igual a la unidad. Entonces la reacción del soporte en términos de presión esta dada por la ecuación [5.103].

$$q = U \cdot y \quad [5.103]$$

Donde:

q = Carga producida por el peso de las ruedas.

U = Modulo de vía.

y = desplazamiento vertical.

Los valores del módulo de vía U comúnmente usados en los cálculos se encuentran en un rango que va desde 126 kg/cm² para plataformas de modulo elástico de 130 kg/cm² hasta 321 kg/cm² para plataformas de modulo elástico de 700 kg/cm².

$$E \cdot I \cdot \frac{d^4 y}{dx^4} = -y \cdot U \quad [5.104]$$

En forma análoga al procedimiento de Zimmermann, aplicados a la ecuación diferencial [5.104], cuya solución en el caso de una carga puntual aislada, tenemos:

► HUNDIMIENTO

El hundimiento o desplazamiento vertical, será calculado por la siguiente fórmula dependiente, además de la carga Q , del módulo de vía y del módulo de elasticidad de inercia del riel:

$$y = Q \cdot \sqrt[4]{\frac{1}{64 \cdot E \cdot I \cdot U^3}} \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left[\cos \frac{x}{L} + \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right] \quad [5.105]$$

donde:

Q = Carga producida por el peso de la rueda.

U = Módulo de vía.

y = Desplazamiento vertical.

E = Módulo de elasticidad

I = Momento de inercia.

x = Distancia entre la sección de cálculo y el punto de aplicación de la carga.

L = Elástica de la vía calculada con la ecuación [5.107].

► MOMENTO

$$M = Q \cdot \sqrt[4]{\frac{E \cdot I}{64 \cdot U}} \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left[\cos \frac{x}{L} - \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right] \quad [5.106]$$

► ELÁSTICA

La elástica o unidad elástica mencionada anteriormente en la teoría de Zimmermann, tendrá la siguiente relación propuesta por Talbot, y que estará relacionada como es lógico, con el módulo de vía:

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{U}} \quad [5.107]$$

► PRESIÓN

$$q = Q \cdot \sqrt[4]{\frac{U}{64 \cdot E \cdot I}} \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left[\cos \frac{x}{L} + \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right] \quad [5.108]$$

Los métodos explicados anteriormente respecto al apoyo elástico del carril en forma continua y uniforme, mantienen el problema de la vía sobre durmientes porque no es considerado en forma explícita la forma en que el área de apoyo del durmiente ni la separación entre durmientes influiría en la deformabilidad de la vía. Los estudios realizados por Timoshenko, Saller y Hanker, tratan esta problemática.

5.6. HIPÓTESIS DE TIMOSHENKO

La hipótesis de Timoshenko, sugirió que era una buena aproximación que la carga que soporta un durmiente era igual a la carga que soporta el riel entre dos durmientes consecutivos. Si se denomina D como dicha carga, siguiendo el análisis del doctor Talbot, que considera el

modulo de vía que es la carga aplicada en un durmiente que producirá un desplazamiento unitario. En el método propuesto por Timoshenko, no se utiliza de una manera directa el módulo de vía, ya que se hace mas referencia a una composición de este.

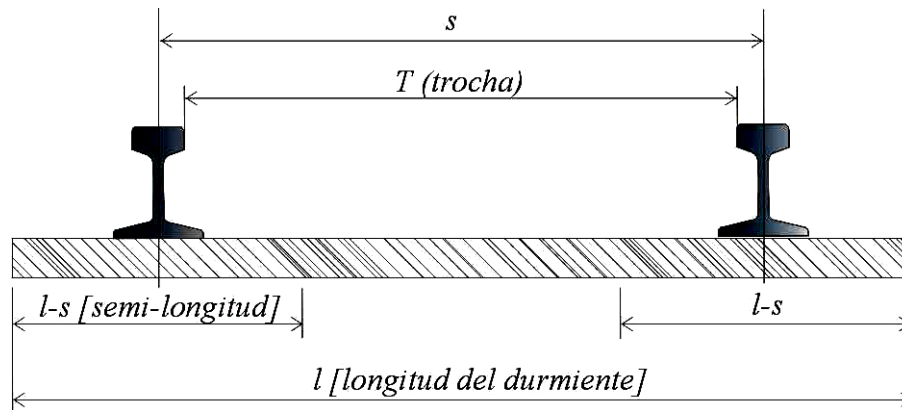


Fig. 5. 18 Sección riel – durmiente.²⁰

El modulo de vía calculado por Timoshenko depende de algunos factores como:

- ▶ α es el coeficiente de flexibilidad del durmiente, que dependerá del tipo de durmiente que se tenga. En el caso de durmientes de madera α será 0.8 y llegara hasta 1.0 para durmientes de hormigón.
- ▶ F_1 es el área que soporta el peso de una rueda, y será calculado por la multiplicación del ancho del patín del riel, como se muestra en la figura 5.18 y la separación entre ejes del durmiente, es decir:

$$F_1 = b \cdot d \quad [5.109]$$

La expresión usada por Timoshenko será:

$$D = U \cdot d$$

²⁰ Fuente: Referencia[11]

$$D = C \cdot F_1 \cdot \alpha \quad [5.110]$$

Debido a que:

$$U = \frac{C \cdot \alpha \cdot F_1}{d} \quad [5.111]$$

Donde:

C = Coeficiente de balasto.

► HUNDIMIENTO

$$y = \frac{Q}{\sqrt[4]{64 \cdot E \cdot I \cdot \left(C \cdot \alpha \cdot \frac{F_1}{d}\right)^3}} \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left[\cos \frac{x}{L} + \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right] \quad [5.112]$$

► MOMENTO

$$M = Q \cdot \sqrt[4]{\frac{E \cdot I}{64 \cdot (C \cdot F_1)}} \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left[\cos \frac{x}{L} - \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right] \quad [5.113]$$

► PRESIÓN

$$P = \frac{Q \cdot d}{2 \cdot F_1} \cdot \sqrt[4]{\frac{F_1 \cdot d}{4 \cdot E \cdot I \cdot d}} \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left[\cos \frac{x}{L} + \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right] \quad [5.114]$$

Estas expresiones tienen en cuenta la influencia del área de apoyo de los durmientes y de su separación, en la deformabilidad de la vía representada por el hundimiento.

5.7. HIPÓTESIS DE TIMOSHENKO – SÉLLER - HANKER

Conocida también como Hipótesis de Zimmermann II, porque se trató de buscar la aplicación de esa teoría, considerando que la vía sobre durmientes puede asimilarse a una vía sobre largueros, cuando el soporte que ofrece el durmiente al riel es igual al que ofrece el larguero entre dos durmientes consecutivos.

La superficie de apoyo del durmiente, en tal caso será igual a la ecuación [5.106]:

$$F_1 = b \cdot d$$

Despejando el ancho b de esa expresión para sustituir en las expresiones de Zimmermann, tenemos:

► HUNDIMIENTO

$$y = \frac{Q \cdot d}{2 \cdot F_1 \cdot C} \cdot \sqrt[4]{\frac{F_1 \cdot C}{4 \cdot E \cdot I \cdot d}} \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left[\cos \frac{x}{L} + \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right] \quad [5.115]$$

► MOMENTO

$$M = \frac{Q}{4} \cdot \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I \cdot d}{F_1 \cdot C}} \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left[\cos \frac{x}{L} - \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right] \quad [5.116]$$

► PRESIÓN

$$P = \frac{Q \cdot d}{2 \cdot F_1} \cdot \sqrt[4]{\frac{F_1 \cdot d}{4 \cdot E \cdot I \cdot d}} \cdot e^{-\frac{x}{L}} \cdot \left[\cos \frac{x}{L} + \operatorname{sen} \frac{x}{L} \right] \quad [5.117]$$

Las ecuaciones [5.114], [5.115] y [5.116] son las que actualmente se utilizan de base para el dimensionamiento de vías férreas.

5.8. ESFUERZOS VERTICALES SOBRE EL DURMIENTE

Los esfuerzos verticales producidas por las cargas de las ruedas, provenientes de los vehículos que circulan sobre los rieles y que son transmitidas al durmiente estarán dados por la ecuación [5.117].

$$\sigma = \frac{V}{f \cdot b} \quad [5.117]$$

$$V = \frac{C_i \cdot Q \cdot d}{2 \cdot L} \cdot \sum \eta \quad [5.118]$$

Donde:

f = Base del patín del durmiente.

V = Fuerza vertical.

Q = Carga por rueda.

d = Separación entre durmientes.

L = Coeficiente básico o elástica de la vía.

η = Coeficiente de afectación de las ramas vecinas.

$$\sum \eta = \eta_0 + \eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \dots$$

C_i = Coeficiente de impacto dependiente de la longitud del riel.

5.8.1. COEFICIENTE DE IMPACTO

Como ya se mencionó anteriormente, las teorías estudiadas proporcionan relaciones para el cálculo de esfuerzos estáticos, por este motivo, se debe mayorar tales cargas teniendo en cuenta el efecto dinámico del paso de los trenes, su velocidad, el impacto de las ruedas en los rieles, el estado y calidad de la vía. Como criterio práctico, para una vía sobre balasto, la ecuación [5.119], propuesta por Eisenmann cuantifica la influencia del estado de la vía y la velocidad del vehículo sobre la vía.

$$C_i = 1 + t \cdot \bar{S} \cdot \varphi \quad [5.119]$$

$$\varphi = 1 + \frac{V - 60}{140} \quad [5.120]$$

Donde:

C_i = Coeficiente de impacto, influencia del estado de la vía y de la velocidad del vehículo.

t = Factor estadístico de seguridad. Generalmente 3 para una seguridad estadística del 97 %.

S = Coeficiente dependiente del estado de la vía según la tabla 5.4.

<i>S</i>	<i>Estado de la vía</i>
0.1	<i>Estructura de vía en muy buen estado</i>
0.2	<i>Estructura de vía en buen estado</i>
0.3	<i>Estructura de vía en mal estado</i>

Tabla 5. 5. Coeficiente de influencia por el estado de la estructura de la vía.²¹

Para los casos en estudio, a manera de pretender una mejor seguridad en el dimensionamiento de los elementos, se verá la necesidad de recurrir al cálculo del coeficiente de impacto dependiente de la longitud del riel, ya que el impacto que se produce por el choque de los rieles y las ruedas en el movimiento de los trenes, produce coeficientes de mayoración al determinado por la ecuación [5.119].

$$C_i = \frac{50}{3.28 \cdot L_r + 125} \leq 30.0\% \quad [5.121]$$

La ecuación [5.121], proporciona un valor muy teórico y no representativo, por alcanzar un máximo de 30%, una influencia importante en el cálculo. Por tal motivo para el uso en vías férreas, el coeficiente de impacto será evaluado en función a la longitud del riel con la ecuación [5.122], propuesta por la AASHTO, para rieles de longitud menor a 24 m.

$$C_i = 40 - \frac{3 \cdot (3.28 \cdot L_r)^2}{1600} \quad [5.122]$$

²¹ Fuente: Referencia: Referencia 14

Donde:

C_i = Coeficiente de impacto.

L_r = Longitud del riel [m].

5.9. TENSIÓN EN EL DURMIENTE

En el durmiente se debe verificar que los esfuerzos de flexión y compresión sean menores a las tensiones admisibles, que serán mencionadas mas adelante. Así, la flexión en el durmiente estará dada por la ecuación [5.123].

$$\sigma_f = \frac{M}{W} \quad [5.123]$$

$$M = \frac{P \cdot b \cdot l^2}{2} \quad [5.124]$$

Donde:

M = Momento flector.

P = Presión ejercida sobre el durmiente [kg]

b = Base del durmiente [cm].

l = Semi longitud del durmiente [cm].

W = Modulo resistente del durmiente. Calculado mediante la ecuación [5.125]

h = Altura de la sección del durmiente [cm³].

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad [5.125]$$

El cálculo a compresión del durmiente esta dado por la siguiente formula:

$$\sigma_c = \frac{V}{f \cdot b} \quad [5.126]$$

Donde:

V = Fuerza vertical [kg].

b = Base del durmiente [cm].

f = Ancho del patín del riel [cm].

En la figura 5.19, se ilustran las dimensiones del riel para el uso de la ecuación [5.126]

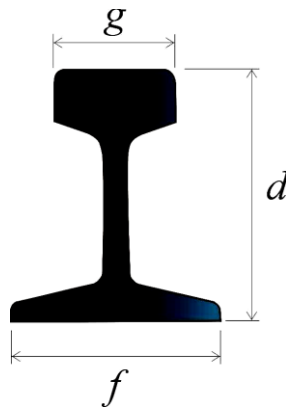


Fig. 5.19. Riel.²²

5.10. INFLUENCIA DE LA LONGITUD DE LOS DURMIENTES

²² Fuente: Referencia [8]

Se puede determinar algunos efectos que derivan de la influencia de la longitud de los durmientes:

- ▶ Efecto de cabalgadura, el cual se presenta cuando el durmiente es corto en su longitud, lo cual determina o produce apoyos defectuosos en los extremos.
- ▶ En el caso de que la longitud del durmiente sea excesiva, la presión en la superficie de balasto no podrá ser uniforme, determinándose en tal caso un asiento irregular e inestable.

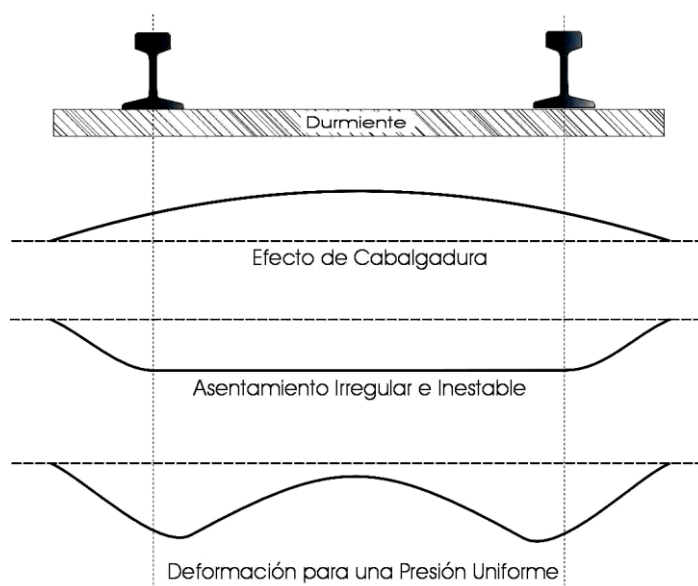


Fig. 5.20. Tipos de deformaciones por la influencia de la longitud del durmiente.²³

Una longitud adecuada proporcionara una presión uniforme sobre el balasto llevando por consiguiente a una deformación, que es la mas recomendable, como se muestra en la figura 5.20.

²³ Fuente: Referencia [8]

5.11. TENSION INTERNA RESIDUAL

La tensión interna residual es la tensión producida por los grandes esfuerzos, temperaturas y cargas a las cuales esta sujeto el material en su fabricación.

Los valores de Tensión Interna Residual σ_r varían en un rango de 5 a 10 Kg/mm². Para las mejores condiciones de fabricación y elaboración del producto. En el caso de rieles de excelente fabricación, se debe tomar valores iguales a 5 Kg/mm², en el caso de tener condiciones deficientes de fabricación los valores de tensión interna residual llegaran a un máximo de 10 Kg/mm².

Los rieles de menor calidad tendrán un aumento de la tensión interna residual σ_r debido a que al salir del horno hay contacto con el aire por lo que se producen contracciones del material.

5.12. TENSION POR TEMPERATURA

La Tensión por Temperatura σ_r , esta en función al incremento o variación de la temperatura. El incremento de temperatura produce una variación en la longitud del riel, dilatando y contrayendo este según la ecuación [5.127].

$$\Delta L_r = L_r \cdot \Delta t \cdot c \quad [5.127]$$

Donde:

L_r = longitud del riel.

ΔL_r = Incremento de la longitud.

Δt = Variación de temperatura. Esta variación se calculara de la siguiente manera:

$$\Delta t = t_{\max} - t_{\min}$$

t_{\max} y t_{\min} = temperaturas controladas dentro de todo un año (promedio).

c = coeficiente de dilatación, generalmente igual a 0.0000115 [1/grado]

De acuerdo a la ley de Hooke, recordando la resistencia de materiales, tenemos, debido a la contracción:

$$\Delta L_r = \frac{N \cdot L_r}{E \cdot A} \quad [5.128]$$

Donde:

N = Esfuerzo axial

E = Modulo de elasticidad de la sección

A = Área de la sección

Igualando las ecuaciones [5.127] y [5.128], se encontrara la fuerza axial, a la que esta sometida la sección del riel:

$$L \cdot \Delta t \cdot c = \frac{N \cdot L}{E \cdot A} \quad [5.129]$$

$$N = E \cdot A \cdot \Delta t \cdot c \quad [5.130]$$

La ecuación [5.130], muestra que el esfuerzo que se genera en el riel, para el caso de dilatación totalmente restringida, es independiente de la longitud.

Entonces, la tensión del riel debido a la variación por temperatura será:

$$\sigma_t = \frac{N}{A} = E \cdot \Delta t \cdot c = 0.0000115 \cdot 2.1 \cdot 10^6 \cdot \Delta t$$

$$\sigma_t = 24.15 \cdot \Delta t \quad [5.131]$$

Para casos prácticos se puede asumir una tensión por temperatura σ_t en un rango de valores que va desde 5 hasta 7 [kg/mm²].

5.13. DIMENSIONAMIENTO DEL RIEL

La metodología a seguir se podrá denominar comprobación del dimensionamiento de una vía ya que se verifica que las tensiones existentes en los elementos de la vía no superan sus tensiones admisibles. En el caso de los rieles, generalmente se procede primero calculando una sección de riel tentativa, como una primera iteración, la cual se verá determinada según sus características para soportar los esfuerzos causados por el movimiento de los vehículos. En el ámbito ferroviario, es necesario comprobar la aptitud del riel, para unas características de tráfico, estableciendo que la tensión total que actúa sobre el patín del riel, que es el punto más desfavorable del mismo, no supera la tensión admisible a tracción.

Secciones de Riel Dimensiones y Propiedades								
Tipo	Clasif.	Nominal	d	f	g	Area	Ix	W
		Peso/metro						
		Kg	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³
ASCE	Ligero	14.9	7.94	7.94	4.29	19.35	170.65	41.79
ASCE	Ligero	19.9	8.89	8.89	4.76	25.42	272.22	58.83
ASCE	Ligero	24.8	9.84	9.84	5.40	31.61	420.39	83.57
ASCE	Ligero	29.8	10.80	10.80	6.03	38.26	607.70	108.81
ASCE		34.8	11.75	11.75	6.19	43.94	819.98	134.21
ASCE		39.7	12.70	12.70	6.35	50.71	1098.85	165.51
ASCE	Std.	42.2	13.18	13.18	6.51	53.74	1252.86	181.90
ASCE	Std.	49.7	14.61	14.61	6.99	63.48	1831.42	239.25
Bethlehem	Crane	51.6	12.70	12.70	6.35	66.45	2072.83	175.34
Bethlehem	Crane	67.0	14.61	13.18	8.73	85.81	2114.46	283.50
Bethlehem	Crane	84.9	15.24	15.24	10.92	108.39	3055.14	401.48
Bethlehem	Crane	86.9	15.24	15.24	10.80	110.32	2934.43	383.46

Tabla 5. 6 Dimensiones y propiedades de los perfiles de riel, Código L.R.F.D.²⁴

Se debe encontrar el peso por longitud de riel, que para cada sección tendrá las características mostradas en la tabla 5.6, para así calcular los esfuerzos a los que esta sometido este.

El peso por longitud de riel estará dado por la siguiente ecuación, que depende a su vez del tonelaje anual a transportar previsto por año, de la velocidad y del peso de la locomotora o de los vagones. Debe tomarse en cuenta que, el cálculo propuesto en la ecuación [5.132] acarrea un sobredimensionado del riel, debido a que depende del Tonelaje máximo a transportar en el año T y para nuestro país especialmente, este valor es muy bajo, motivo por el que ésta formula es poco practica.

$$q = a \cdot \left(1 + \sqrt[4]{T}\right) \cdot (1 + 0.012 \cdot V)^{2/3} \cdot p^{2/3} \tag{5.132}$$

Donde:

²⁴ Fuente: Referencia [1]

q = Peso de riel por metro de longitud en [Kg/m].

a = Coeficiente del tipo de vehículo:

$a = 1.13$ para locomotoras

$a = 1.2$ para vagones

T = Tonelaje máximo a transportar por año en [millones de Ton/año].

p = Peso por eje del vehículo en [Kg.].

V = Velocidad de régimen del tren en [Km/hr].

Con el peso nominal por longitud de riel y las características de sección de este, podremos calcular los esfuerzos a los que esta sometida la sección. Para el dimensionamiento final del riel o su verificación contra todos los esfuerzos, se tiene la inecuación [5.133]

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_i + \sigma_t + \sigma_p \quad [5.133]$$

Donde:

σ_{adm} = Esfuerzo de tracción admisible que para rieles de acero es de 25 [Kg/mm²]

σ_i = Tensión interna residual, que tiene valores entre 5 y 10 [Kg/mm²]

σ_t = Tensión por temperatura.

σ_p = Tensión en el patín del riel.

La tensión en el patín del riel σ_p será calculada según la teoría de Zimmermann, para el calculo del momento máximo multiplicado por un coeficiente de impacto C_i calculado anteriormente en la ecuación [5.120], relacionada con el módulo resistente de la sección W según la ecuación [5.134].

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad [5.134]$$

Una vez calculadas las tensiones en el riel, se debe verificar siguiendo la ecuación [5.131] que estas sean menores a la tensión admisible, de no satisfacerse esta relación debe incrementarse el peso del riel, y así cambiar sus características, para realizar el mismo cálculo anterior hasta que quede satisfecha la inecuación [5.133].

5.14. DIMENSIONAMIENTO DE LOS DURMIENTES

Para el dimensionamiento del durmiente, este debe verificarse tanto a compresión, mediante la ecuación [5.123], como a flexión utilizando la ecuación [5.121].

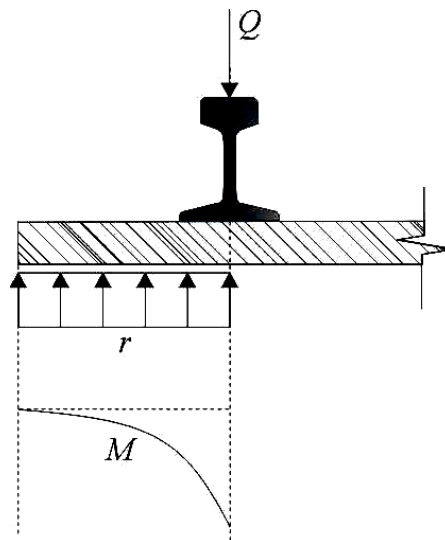


Fig. 5. 21 Momento de flexión en el durmiente.²⁵

²⁵ Fuente: Referencia [8]

Los esfuerzos de flexión y de compresión a los que estará sometido el durmiente serán calculados usando las ecuaciones [5.123] y [5.121] respectivamente. Para la verificación a compresión se debe tener en cuenta que el máximo esfuerzo de tensión admisible es igual a 25 [Kg/cm²] y para la flexión del durmiente de madera, se tiene una tensión admisible de 135 [Kg/cm²]. La verificación del dimensionamiento del durmiente queda satisfecha al comprobar la veracidad de la inecuación [5.135]

Entonces:

$$\sigma_{adm} = 25 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} = \text{Tensión admisible a compresión del durmiente.}$$

$$\sigma_{adm}^f = 135 \text{ [Kg/cm}^2\text{]} = \text{Tensión admisible por flexión del durmiente.}$$

$$\sigma \leq \sigma_{adm} \quad [5.135]$$

CAPÍTULO 6

6. RIGIDEZ DE LA VÍA FÉRREA

6.1. GENERALIDADES

▶ RESISTENCIA DE LOS SUELOS

La reacción del suelo frente a las sollicitaciones depende principalmente del tipo de suelo, del estado en que se encuentra y de la combinación de los esfuerzos aplicados

Como los suelos están compuestos de las tres fases que varían desde el tipo incompresible y resistente a los esfuerzos cortantes, al tipo compresible y de resistencia nula; y como la relación de estas fases es variable, se presentan una amplia gama de deformaciones las que no son siempre proporcionales al esfuerzo, sino que cambian con el tiempo y con el medio.

La resistencia del suelo varía con respecto a la forma de la carga, la dimensión de la carga unitaria, velocidad de aplicación y de la deformación del suelo. De aquí la importancia para definir la superficie de aplicación de la carga, forma y dimensión, y la profundidad a la cual se desea expresar la resistencia (CBR y Ensayes de Placa).

A medida que aumentan los esfuerzos, si se llega a un momento en que el suelo se rompe o sigue deformándose con un pequeño o ningún esfuerzo, se dice que el suelo falla por corte. Por eso que todo los métodos destinados a determinar la capacidad de carga de un suelo, se basan en determinar el esfuerzo cortante directa o indirectamente. Los ensayos más usados son el Corte Directo. CBR, Placa de Carga y Triaxial.

Placa de carga : En este ensaye el suelo se somete, de acuerdo con un procedimiento predeterminado, a diversos estados de carga aplicados a través de placas rígidas, registrándose la deflexión producida en ellos.

El equipo esencial para su ejecución incluye:

- ▶ Sistema de carga con su respectiva reacción.
- ▶ Conjunto de placas metálicas
- ▶ Sistema de medición de deflexión.

Como carga de reacción puede utilizarse equipo móvil pesado figura 6.1,. Para evaluar el poder soportante de las subrasantes, bases o pavimentos completos se emplean placas circulares de diferentes tamaños figura 6.2, dispuestas sobre la superficie que se deberá ensayar, de mayor a menor, concéntricas con el fin de reducir la flexión de la placa base. La carga se aplica por medio de un gato hidráulico y la deflexión producida se mide con diales micrométricos colocados cerca del borde de la placa inferior y distribuidos regularmente en su perímetro figura 6.3. Es esencial que el elemento de soporte de los diales esté apoyados lejos figura 6.4, tanto del área cargada como de los apoyos del sistema de reacción para evitar su influencia.

Algunos términos utilizados en este ensayo son:

- ▶ Módulo de reacción: Es la presión que ha de transmitirse a la placa para producir al suelo una deformación prefijada.
- ▶ Deflexión: Es el descenso vertical de una superficie debido a la aplicación de una carga sobre ella.
- ▶ Deflexión residual: Es la diferencia entre el nivel original de una superficie y su posición final a consecuencia de la aplicación y retiro de una o más cargas en la superficie.

- ▶ Deflexión elástica: Es la recuperación de la deformación vertical que tiene lugar cuando la carga se retira de la superficie.

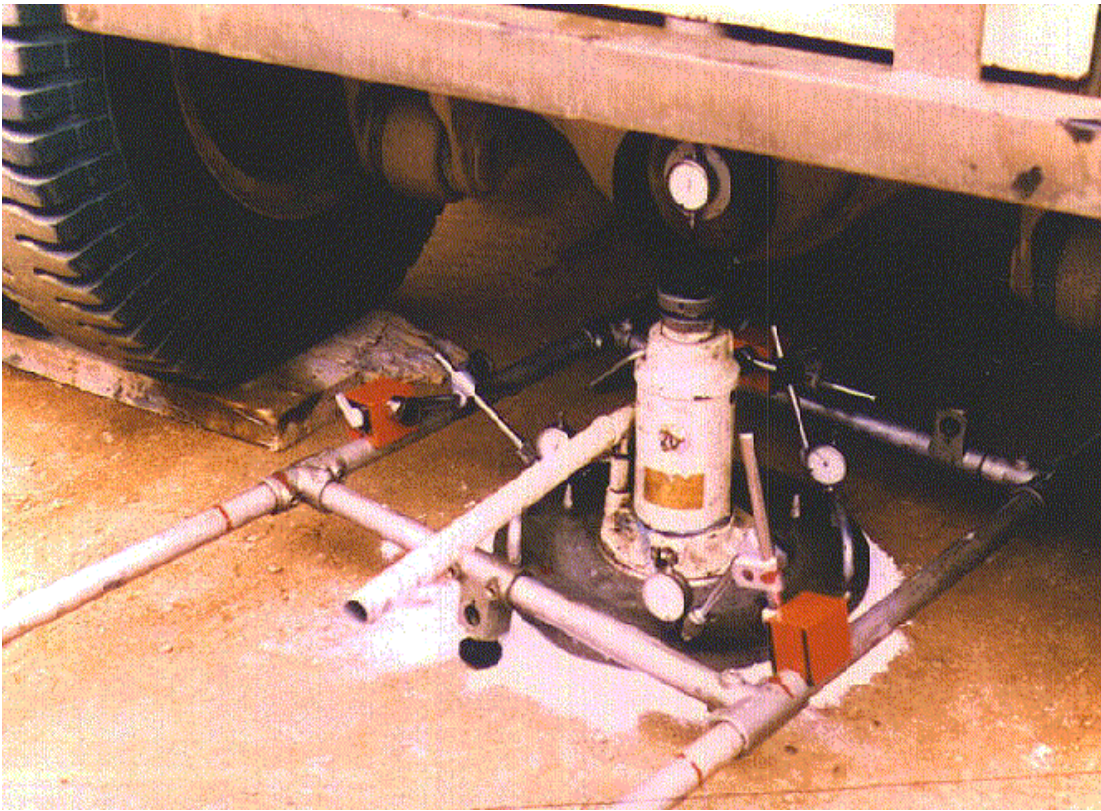


Fig. 6. 1 Carga de reacción, Equipo Móvil Pesado



Fig. 6. 2 Placas circulares de diferentes diámetros



Fig. 6. 3 Dial micrométrico



Fig. 6. 4 Soporte de diales

El ensaye puede desarrollarse con diversos procedimientos. En todos los casos, al aplicarse una carga sobre el suelo a través de una placa, éste se asentará y la variación de la deflexión en función del tiempo, para carga constante, será del tipo mostrado en la figura 6.5, la deflexión para cada estado de carga se alcanzará cuando no se aprecie un mayor incremento de la deflexión con la carga aplicada. Generalmente se considera lograda la estabilización cuando la razón de deformación no sea mayor a 0,0025 mm por minuto. Luego se procede a aplicar un incremento adicional en la carga, obteniendo una curva presión – deformación del tipo de la figura 6.6.

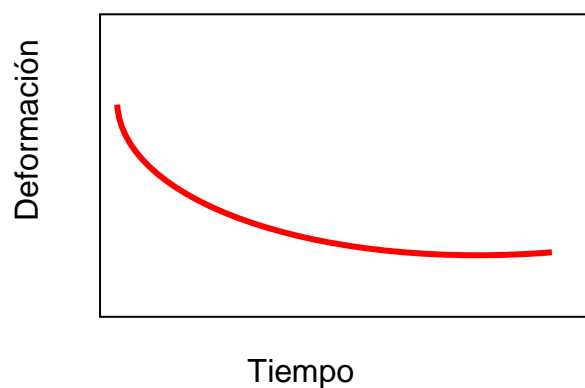


Fig. 6. 5 Variación de la deflexión en función del tiempo

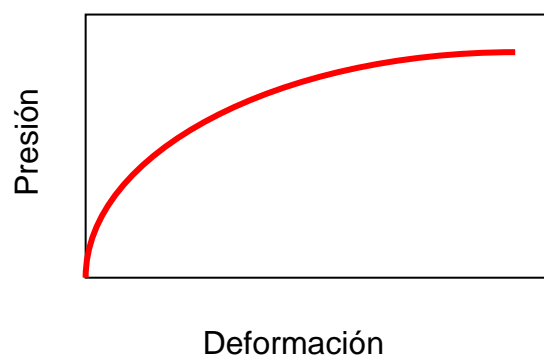


Fig. 6. 6 Curva Presión v/s Deformación

Si se desea determinar la proporción de deformación permanente y deflexión elástica (recuperación), se retira la carga obteniéndose el gráfico de la figura 6.7, Es posible ejecutar varios ciclos de carga y descarga para una misma presión, figura 6.8, o para presiones crecientes, figura 6.9.

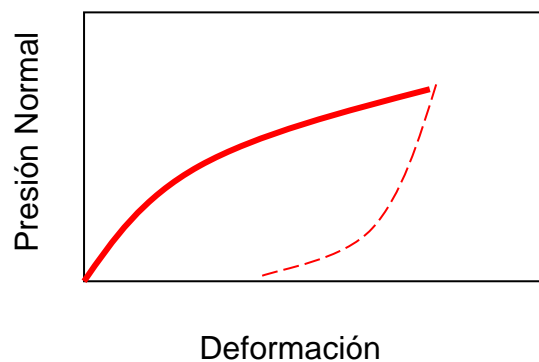


Fig. 6. 7 Deformación permanente y deflexión elástica

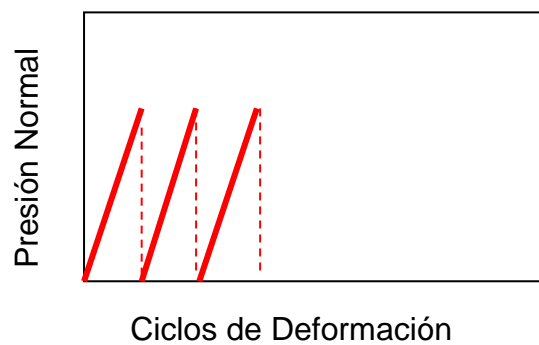


Fig. 6. 8 Ciclos de carga y descarga

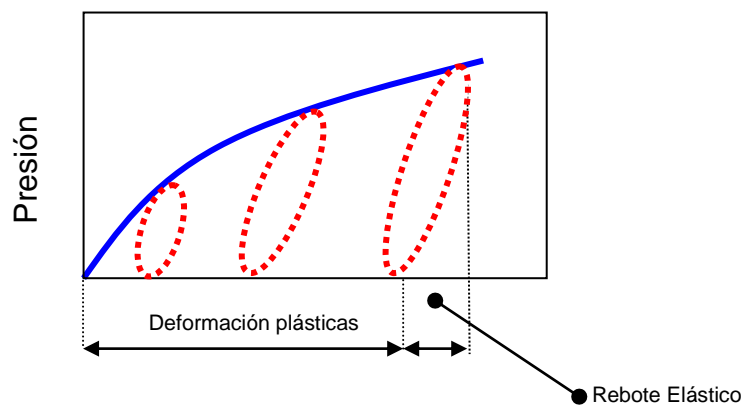


Fig. 6. 9 Para presiones crecientes

Los procedimientos empleados por el Laboratorio Nacional de Vialidad, son los establecidos en las especificaciones LNV-97 y LNV-98, adaptación de las AASHTO T-221 y T-222.

Los ensayos de placa se realizan esencialmente para determinar un parámetro que caracterice la deformación del suelo. Estos pueden ser :

- ▶ Módulo de deformación Elástica, E.
- ▶ Módulo de Compresibilidad.
- ▶ Módulo de Reacción.
- ▶ Valor de Soporte.

Para fines de esta investigación solo describirá el Módulo de Reacción del Suelo que es la determinación más usada con este ensaye.

- ▶ Curva deformación-tiempo
- ▶ Curva presión-deformación.
- ▶ Curva presión-deformación con descarga.
- ▶ Curva con aplicación cíclica de la presión
- ▶ Curva de carga repetida.
- ▶ Efecto del tamaño de la placa.
- ▶ Curva de carga repetida –deformación

▶ **Módulo de Reacción**

Con los resultados obtenidos de la prueba de carga realizadas según LNV-98(AASHTOT-222), se determina el módulo de reacción, definido por la relación:

$$k = \frac{P}{\delta} \quad [6. 1]$$

En que :

K = Módulo de reacción , Mpa/m [KN/m³, Kgf/cm³]

P = Presión unitaria aplicada por medio de la placa rígida, kPa [kN/m², kgf/cm²].

δ = Reacción o deflexión correspondiente, m.

Se ha verificado lo Siguiente:

- ▶ En una prueba de carga para variaciones de presión elevadas, el diagrama presión–deformación resultante no es lineal y el valor de k depende de la deformación que se tome como referencia.
- ▶ La medición del módulo de reacción es sensible al diámetro de la placa empleada y esa variación deja de tener importancia para ensayos efectuados con placas de diámetro superior a 760 mm.
- ▶ El valor del módulo de reacción depende del estado de humedad del suelo.
Experiencias de la PCA muestra que para una buena correlación con la teoría de Westergaard, el módulo de reacción debe determinarse con placas de 760 mm o más de diámetro, tomando como referencia la deflexión de 1,25 mm (0,05”).

Sin embargo, el Corps of Engineers determina k basado en la deformación obtenida a una presión de 70 kPa, también adoptado en LNV-98 (AASHTO T 222).

La deflexión para computar el valor del módulo de reacción k será determinada sobre la curva corregida del gráfico carga-deformación.

Se deben aplicar tres correcciones a la información registrada durante el ensaye, que se deben :

- ▶ Trazado curva carga-deformación
- ▶ Flexión de las placas de ensaye
- ▶ Suelo cohesivo parcialmente saturado.

La rigidez de la vía esta íntimamente relacionada con el dimensionamiento de los elementos de la infraestructura, en especial del balasto. Esta rigidez viene asociada a una resistencia a la deformación vertical que experimentaría la vía.

Para el cálculo matemático se considera la relación entre acciones y desplazamientos ocurrentes físicamente en cada tramo, procedimiento bastante largo, sin embargo, para facilitar el cálculo, las acciones de las ruedas serán definidas como fuerzas, de manera que serán tomadas como cargas puntuales que producirán un desplazamiento Δy . En la dinámica ferroviaria se consideran dos variables clásicas:

▶ RIGIDEZ

Este concepto tendrá relación con el *sistema durmiente balasto plataforma*, sobre el cual estará apoyado el riel. La rigidez será utilizada para el dimensionamiento de una vía férrea mediante el uso de teorías como las de Zimmermann, Talbot y Timoshenko, que ya fueron estudiadas. La rigidez tiene por unidades dimensionales $[Ton/mm]$, es decir, unidades de fuerza por metro lineal.

► AMORTIGUAMIENTO

Esta ligado a la rigidez del *conjunto de la vía* como un emparrillado. Se emplea en laboratorio, en ensayos in situ utilizando modelos matemáticos que representen el mecanismo de transmisión de esfuerzos.

En el balasto, lo mismo que en el terreno subyacente y en general en todos los sólidos formados por partículas aisladas, al recibir una carga por primera vez, se produce una deformación plástica; pero si el fenómeno se reitera un número suficiente de veces, se llega a un régimen de verdadera elasticidad semejante al de los sólidos homogéneos. Esta elasticidad es sobre todo, sensible en sentido vertical. Así al observar una vía de ferrocarril recién establecida, se aprecia un descenso de la misma al paso de los trenes, que durante algún tiempo tiene el carácter de deformación permanente de amplitud decreciente; pero transcurrido el tiempo suficiente, la deformación se hace casi elástica, sin que se pueda apreciar, no mediando otras circunstancias, variación sensible en la nivelación de la vía.

Esta constante elástica, establecida por Winkler y por él llamada, *coeficiente de balasto*, posee valores numéricos muy variables. En las masas de piedra suelta que forman el balasto, según su tamaño y la calidad de la plataforma, varía de 3 Kg/cm³ (gravilla sobre terreno arcilloso) a 8 Kg/cm³ (buen balasto sobre terreno firme); para terrenos de arena comprimida la constante elástica oscila entre 14 y 20 Kg/cm³ y llega a cifras de 40 a 60 Kg/cm³ para la arcilla compacta.

Sin embargo, en la práctica se suele dar, para la relación de la rigidez, la ecuación [6.2], que relaciona la carga por rueda y la deformación vertical de la vía.

$$R = \frac{Q}{y} \quad [6.2]$$

Donde:

Q = Carga de la rueda [Ton]

y = Deformación vertical [m]

Cuanto mayor es el espesor o altura del balasto, tanto más elástica es la vía y además se localiza la acción del esfuerzo de compresión en las proximidades del punto de aplicación de la carga. Este campo de acción posee una estructura distinta en el estado estático y en el estado dinámico, ya que lo mismo que la fatiga de los materiales, las deformaciones elásticas de las vías producidas por las cargas móviles son mayores que las correspondientes a las cargas fijas.

6.2. FACTORES DE INFLUENCIA

Los factores que influyen tanto en la resistencia, relacionada con la rigidez, como en el amortiguamiento de una vía férrea, dependen de la construcción y del modo de explotación de la misma.

- ▶ La construcción de la estructura, y la infraestructura (rieles, durmientes, balasto, plataforma)
- ▶ La organización de la construcción (espesor de balasto, tipo de construcción, maquinaria y equipo de construcción, etc.)

► Referidos al tonelaje a transportar, peso por eje.

Si consideramos la rigidez como la aptitud de la vía de soportar las cargas con la deformación respectiva, siguiendo la metodología de Zimmermann, se podrá demostrar que esta rigidez, dependerá de muchos factores como se muestra a continuación:

$$y = \frac{P}{2 \cdot b \cdot c} \cdot \sqrt[4]{\frac{b \cdot c}{4 \cdot E \cdot I}} \quad [6.3]$$

Sí $R = \frac{P}{y}$, entonces:

$$R = 2 \cdot b \cdot c \cdot \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{b \cdot c}} \quad [6.4]$$

Donde:

$$b = \frac{F}{2 \cdot d} \quad [6.5]$$

R = Rigidez = $f(P, b_1, b_2, b_3, b_4, c_v, T)$

P = Rigidez de la plataforma

b_1 = Naturaleza del balasto

b_2 = Forma del balasto

b_3 = Granulometría del balasto

b_4 = Espesor del balasto

c_v = Coeficiente que depende de los vacíos bajo los durmientes

T = Tonelaje a transportar, carga, etc.

E = Modulo de elasticidad

I = Momento de inercia

Entonces es posible darse cuenta que la rigidez de la vía considerada como un conjunto o como llamamos anteriormente como un sistema, esta ligada a factores, tales como la misma línea férrea, a través del riel, los durmientes, el balasto, así como de la infraestructura de la vía, a través de plataforma.

6.3. DEPENDENCIA ENTRE LA RIGIDEZ DE LA LÍNEA FÉRREA Y LA RIGIDEZ DEL SISTEMA DE LA VÍA FÉRREA

Ya se mencionó que la rigidez estará influenciada por varios factores, entre ellos la misma vía férrea en sí. Esta dependencia puede ser semejante al sistema de un muelle, donde la rigidez particular de los elementos del sistema proporcionara una rigidez al conjunto de la vía, de manera que asociada a las distintas teorías proporcionara expresiones las mismas que podrán serán graficadas construyendo ábacos que facilitaran el cálculo de los elementos de la vía.

Según la teoría de Talbot, se puede graficar el Módulo de vía U , considerado en función de la rigidez de la siguiente manera:

$$y = \frac{P}{2 \cdot U} \cdot \sqrt[4]{\frac{U}{4 \cdot E \cdot I}} \quad [6.6]$$

Sí $R = \frac{P}{y}$, entonces:

$$R = 2 \cdot U \cdot \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{U}} \quad [6.7]$$

Donde :

R = Rigidez del sistema de la vía, conocida también como la constante Elástica del Modelo de Kelvin [Ton/mm]

U = Módulo de vía [Kg/cm²]

E = Modulo de elasticidad [Kg/cm²]

I = Momento de inercia [cm⁴]

La ecuación 6.7 muestra que la rigidez de la vía está en función, tanto del riel que es un elemento del sistema, como del módulo de vía, que representa la carga longitudinal sobre el riel que provoca el desplazamiento unitario del sistema. Se puede sustituir entonces, los valores correspondientes a las características de un riel (tabla 6.1), para hallar la relación entre el módulo de vía y la rigidez del sistema. Entonces es posible calcular la rigidez para los tipos de riel descritos en la tabla 6.1 considerando el módulo de vía. Por ejemplo, si consideramos un riel de 54 kg/m tendremos: $U = \frac{1}{677.6} \cdot \sqrt[3]{R^4}$, obtendremos la tabla 6.1 que es la base para el ábaco de cálculo mostrado en la figura 6.9.

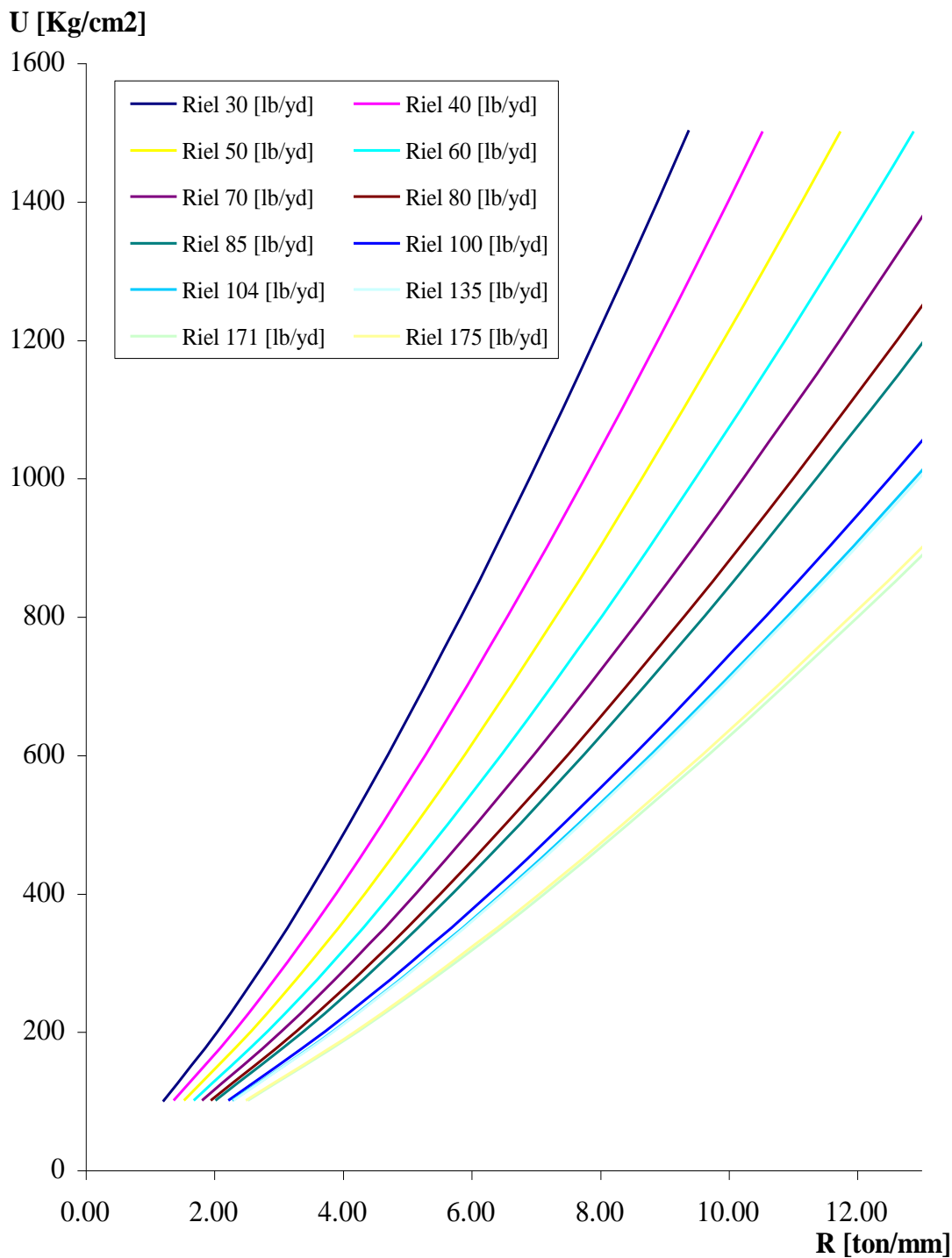


Fig. 6. 9 Constante elástica del modelo de Kelvin (Rigidez de la vía)

Módulo de vía U vs. Rigidez R .²

² Fuente: Referencia [10]

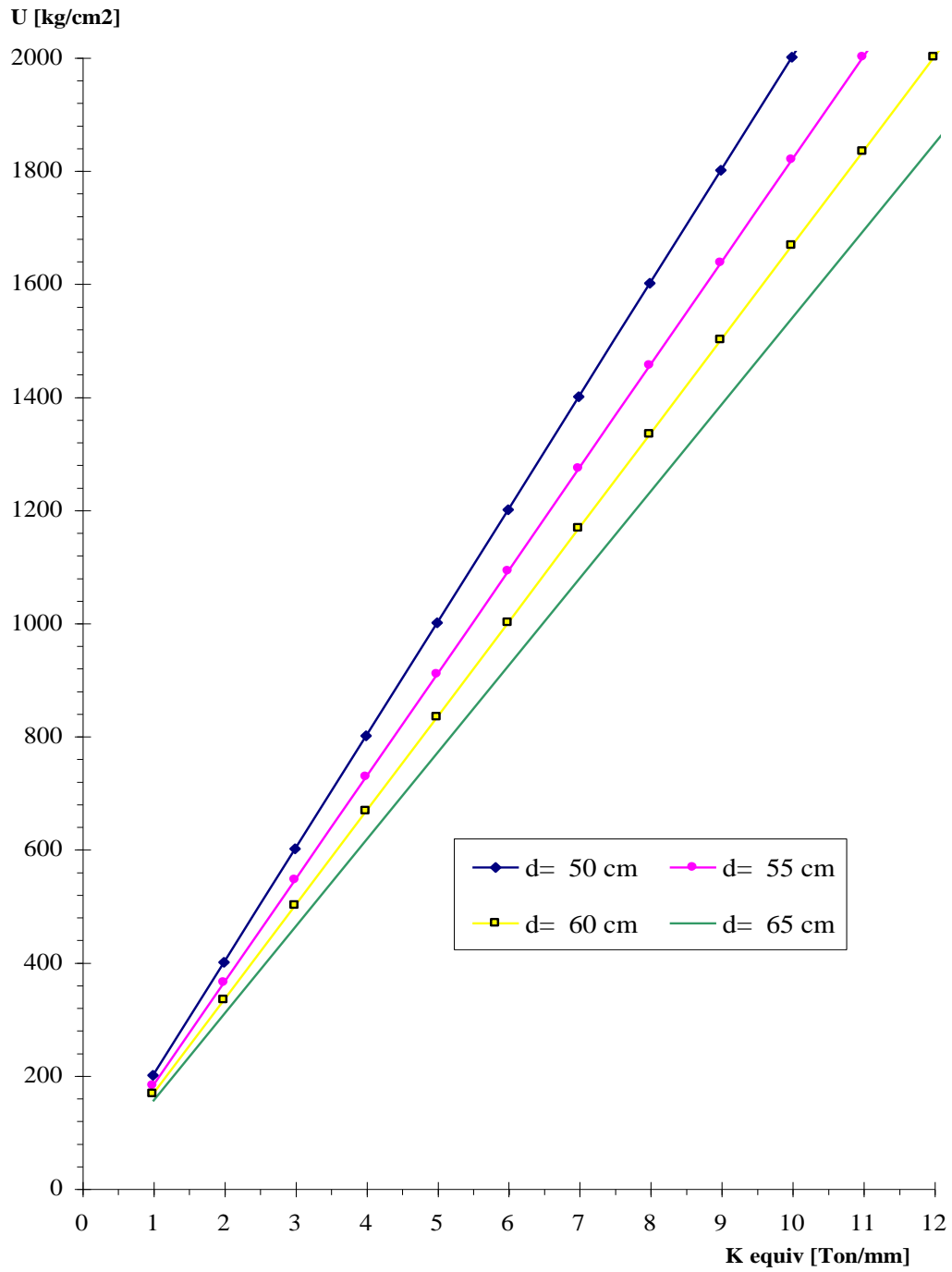


Fig. 6. 10 Relación entre el Módulo de vía U y la Constante de rigidez equivalente del sistema durmiente-balasto-plataforma K_{equiv} .³

³ Fuente: Elaboración propia

6.4. INFLUENCIA DEL ESPESOR DE BALASTO Y LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA PLATAFORMA EN LA RIGIDEZ VERTICAL DE LA VÍA FÉRREA

La acción dinámica de los trenes por el movimiento de las ruedas de los vehículos sobre la vía, tendrá particular importancia, ya que la transmisión de esfuerzos a la plataforma no podrá ser tratada como en el estado estático, por este motivo, el sustento que proporciona la infraestructura, a través de la plataforma, considera el Módulo de Elasticidad Dinámico E_d .

La relación de la constante elástica de Kelvin; que no es otra cosa si no la rigidez vertical de la vía, con la altura o espesor de balasto para distintas estructuras, considerando un análisis inmediatamente después de batear la vía de un balasto calcáreo, fue determinada mediante ensayos de laboratorio, para distintos tipos de cargas y condiciones, por ejemplo para plataformas con módulo de elasticidad que va desde 700 kg/cm², hasta 130 kg/cm². Dichos ensayos proporcionaron una nube de puntos, para cada E_p (módulo de elasticidad de la plataforma); de esta nube de puntos se ajustó una recta, con un coeficiente de correlación (r) igual a 0.7, como se muestra en la figura 6.11.

Para cálculos aproximados se puede evaluar la acción dinámica de los trenes cambiando el módulo de elasticidad de la plataforma por su módulo de elasticidad dinámica mediante la relación propuesta en la ecuación [6.9], que utiliza el radio de soporte California CBR de la plataforma siempre y cuando se trate de plataformas con CBR >10. El ábaco propuesto en la figura 6.11, considera la relación propuesta en la ecuación [6.8].

$$E_p = E_d \cong 100 \cdot CBR \Leftrightarrow CBR \geq 10 \quad [6.9]$$

6.5. RIGIDEZ VERTICAL DE LA VÍA Y SU RELACIÓN CON LA RIGIDEZ SOBRE LA CAPA DE BALASTO

Se utilizara las expresiones de Talbot para la rigidez partiendo por el hundimiento que produce la carga Q , para el posterior cálculo del espesor del balasto. De esta manera, se realizaron muchos ensayos considerando plataformas con módulos de elasticidad desde 700 kg/cm^2 hasta 130 kg/cm^2 y para diferentes espesores de balasto, con el fin de determinar la relación del módulo de vía U y con el espesor de balasto inmediatamente después de batear la vía. Así, se consiguió una nube de puntos dependientes del módulo de vía U y del módulo de elasticidad de la plataforma Ep ; para luego mediante una regresión, ajustarla a curvas como se muestra en la figura 6.12.

Keq [Ton/mm]
Constante elástica
de Kelvin

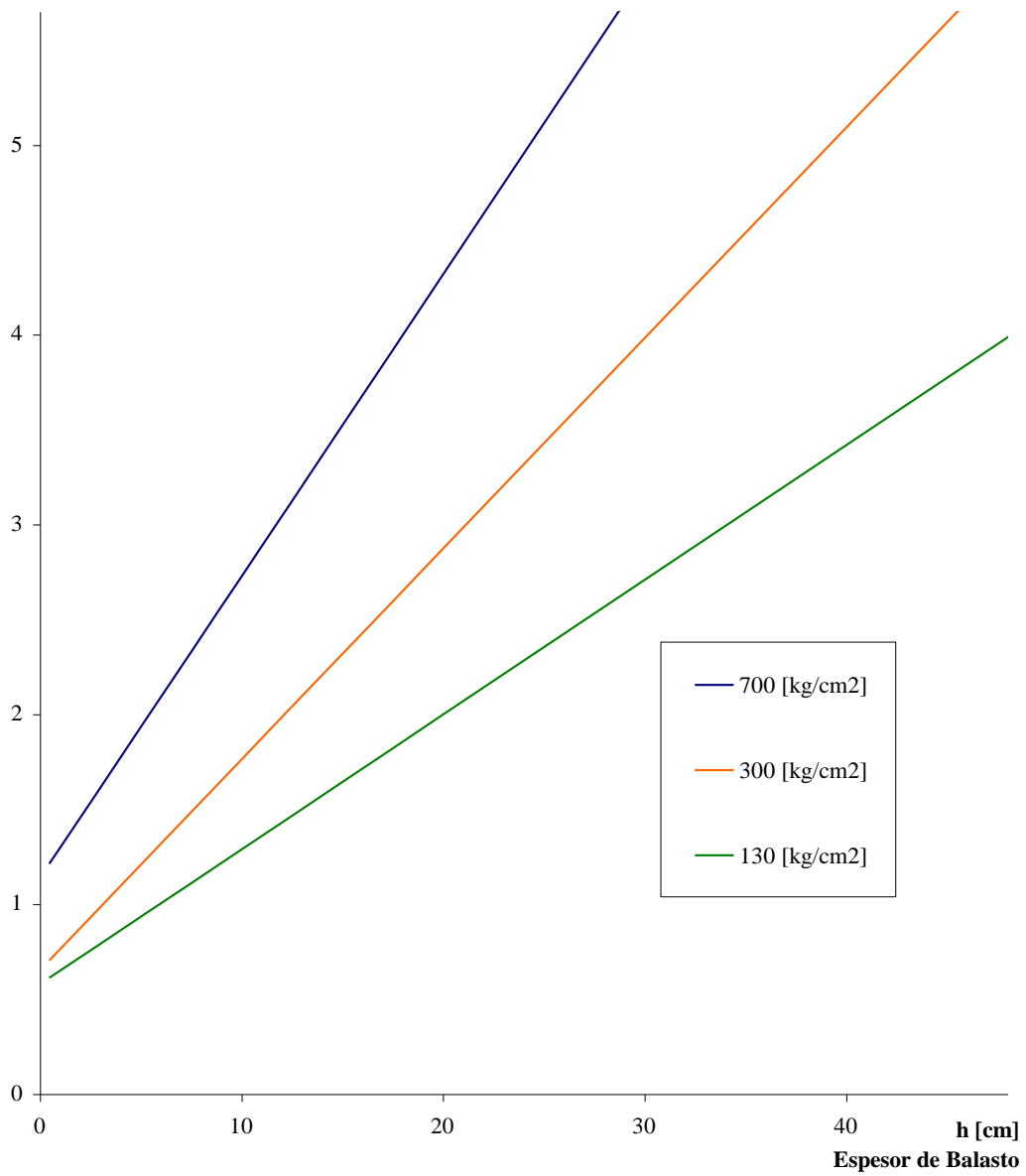


Fig. 6. 11 Variación de la constante elástica de Kelvin (rigidez vertical de la vía) con el espesor de la capa de balasto para distintas infraestructuras.⁴

⁴ Fuente: Referencia [10]

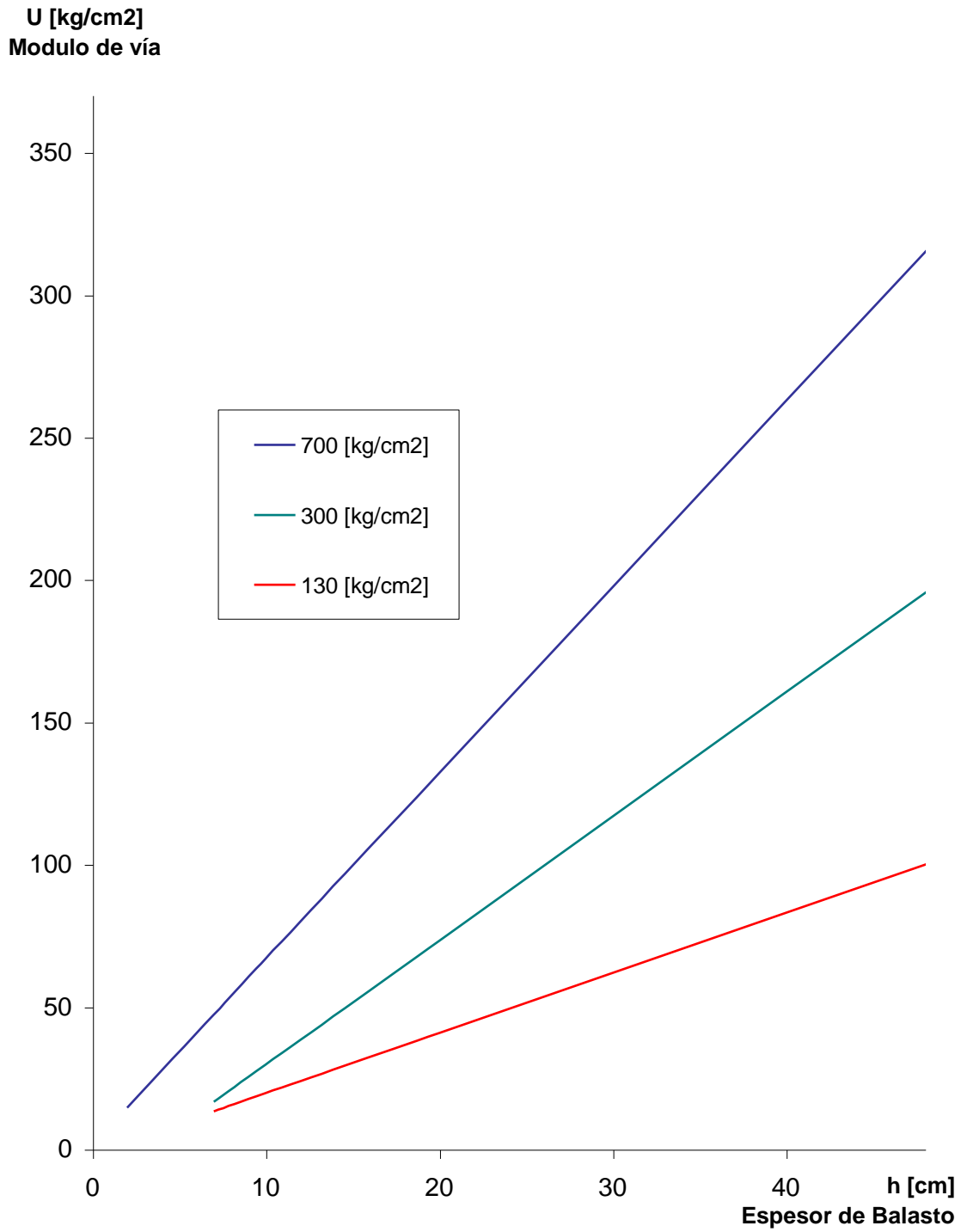


Fig. 6. 12 Variación del módulo de vía U con el espesor de la capa de balasto para distintas infraestructura.⁵

⁵ Fuente: Referencia [10]

Como se menciono anteriormente, el espesor del balasto tiene influencia en la rigidez de la vía, ya que cuanto mayor es la altura del balasto, tanto más es la elasticidad de la vía. Para la relación con la rigidez se debe conocer la tensión máxima en la base del durmiente, que es la carga que soporta inmediatamente el balasto utilizando la ecuación [6.10]. La plataforma, soporte de la superestructura de la vía, considera una tensión admisible propuesta en la ecuación [6.10], que evalúa la carga por unidad de área producida por el número de ciclos de carga a la que esta se encuentra sometida.

$$\sigma_d = \frac{Q \cdot d}{2 \cdot F} \sqrt[4]{\frac{U}{4 \cdot E \cdot I}} \quad [6.10]$$

$$\sigma_{padm} = \frac{0.006 \cdot E_d}{1 + 0.7 \cdot \log(n)} \quad [6.1]$$

Donde:

σ_{padm} = Esfuerzo de tensión admisible en la plataforma [Kg/cm²].

Q = Carga por rueda [Kg].

U = Módulo de vía [Kg/cm²].

E = Modulo de elasticidad [Kg/cm²].

I = Momento de inercia del riel [cm⁴].

F = Área que soporta el peso de una rueda [cm²].

σ_d = Tensión en la base del durmiente [Kg/mm²].

E_d = Módulo de elasticidad dinámico de la plataforma [Kg/cm²].

n = Número de ciclos de repetición de la carga. Generalmente se maneja un valor de 2.0E6 para los ciclos de carga de la rueda.

Para el cálculo del espesor de balasto el Ingeniero Fox, elaboró mediante ensayos de laboratorio un método que relaciona la altura o espesor de balasto con la razón entre los módulos elásticos de la plataforma y del balasto con la razón de las tensiones admisibles del balasto y de la plataforma. Esto implica que las características portantes de la infraestructura tienen un papel muy importante en la altura de balasto necesaria para soportar las cargas dinámicas producidas por el movimiento de los trenes sobre la superestructura. En la figura 6.13, se ilustra el ábaco propuesto por Fox para el cálculo de la altura de balasto. El cálculo se realiza mediante el tanteo de la altura de balasto, asumiendo un espesor de balasto, para luego calcular la tensión admisible de soporte de la infraestructura.

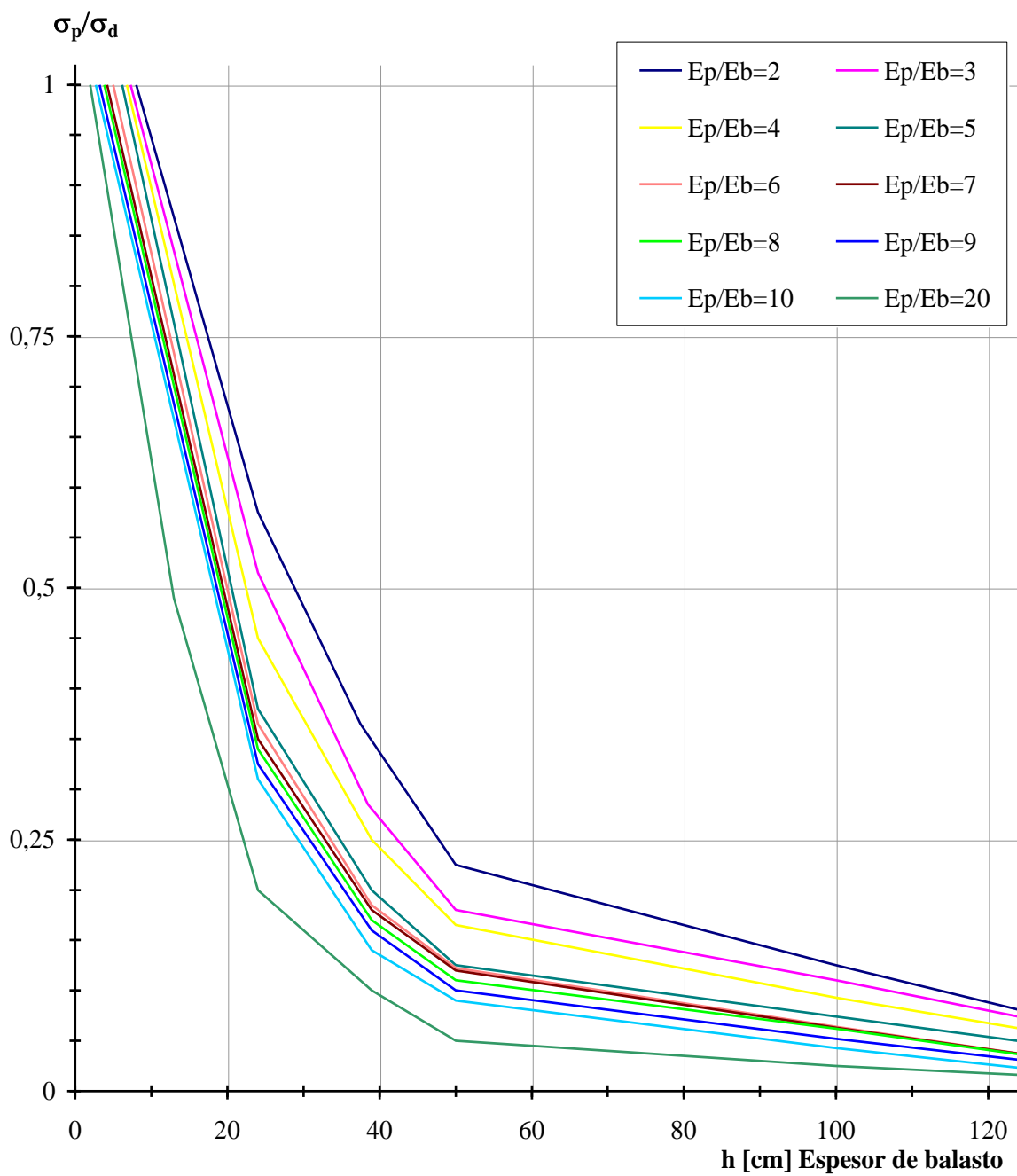


Fig. 6. 13 Ábaco de FOX para el cálculo de la altura de balasto.⁶

⁶ Fuente: Referencia [10]

CAPÍTULO 7

7. APLICACIÓN

7.1. INTRODUCCIÓN

En los capítulos precedentes se han revisado todos aquellos aspectos que tiene relación con el diseño de una Vía Férrea y cuya aplicación, como se mencionó al inicio de este trabajo, se materializará en el diseño de la vía del Carro de Traspaso de Acero Líquido desde el edificio de la Acería Conox a las Coladas Continuas de Planchones y Palanquillas de la Compañía Siderúrgica Huachipato.

Inicialmente se analizará el coeficiente de balastos de los distintos tipos de suelos propuestos y su influencia en los momentos flectores, esfuerzo de corte y hundimiento en el diseño de una viga infinita en un lecho elástico. Además se cuantificará cómo estos efectos repercuten en los costos involucrados al momento de materializar dicho elemento estructural , para posteriormente proponer una alternativa de diseño y una evaluación técnico económica satisfactoria en la concreción de un proyecto de esta naturaleza.

Para el diseño final de este estudio se han considerado dos alternativas solicitadas por el mandante, el fundar en el terreno existente o mejorar con un material estabilizado a definir. En esta proposición es necesario considerar aspectos relacionados con la operación de dicho equipo, como también los esfuerzos externos e internos a los que será sometida la vía, evaluando la interacción de la superestructura con el suelo, obteniendo así una proposición técnico-económica, satisfactoria.

7.2. SUELO DE FUNDACIÓN

En la tabla 7.1-A. se indican valores aproximados del coeficiente de balasto (C) para una placa circular de diámetro 75 cm., según José Calavera, para diferentes tipos de suelos posibles de usar como sustentación para una viga infinita de fundación en un lecho elástico.

Tipos de Suelo	Grupo de suelos y descripción típica	Símbolo	C (k / cm ³)
Gravas y Suelos con grava	Gravas con buena granulometría o mezclas de arena y grava. Pocos finos.	GW	14 -20
	Mezclas de arcillas-arena-grava, con buena granulometría, excelente trabazón.	GC	11-20
	Gravas con pobre granulometría y mezclas de arena y grava. Pocos finos.	GP	8 -14
	Gravas con finos, gravas limosas, gravas arcillosas. Mezclas arcilla, arena y grava con mala granulometría.	GF	7-14
	Arenas con buena granulometría y arenas con grava. Pocos finos.	SW	7-16
Arenas y suelos Arenosos	Mezclas de arenas y arcillas con buena granulometría. Excelente trabazón.	SC	7-16
	Arenas con mala granulometría. Pocos finos.	SP	5,5 - 9
	Arenas con finos, arenas limosas, arenas arcillosas. Mezclas arena-arcilla con mala granulometría.	SF	5 - 9
	Limos inorgánicos y arenas finas. Polvo rocoso, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad.	ML	4 - 8,5
Suelos de grano fino con baja o media plasticidad.	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	CL	3,5 - 6
	Limos orgánicos y limo-arcillas de baja plasticidad.	OL	3 - 5
Suelos con Grano Fino de plasticidad alta	Suelos arenosos finos, con mica o tierra de diatomeas, limos elásticos.	MH	1,5 - 5
	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta, arcilla gruesas.	CH	1,5 - 4
	Arcillas inorgánicas de plasticidad media a alta.	OH	1,5 - 3,5

Tabla 7.1-B relación de modulo de reacción del Suelo (conocido también como Coeficiente de Balasto o Modulo de Winkler) en función de la resistencia admisible del terreno extraídas de la Tesis de maestría “Interacción Suelo-Estructura”.

Modulo de Reacción del Suelo					
Esf-Adm (Kg/Cm²)	Winkler (Kg/Cm³)	Esf -Adm (Kg/Cm2)	Winkler (Kg/Cm3)	Esf-Adm (Kg/Cm2)	Winkler (Kg/Cm3)
0.25	0.65	1.55	3.19	2.85	5.70
0.30	0.78	1.60	3.28	2.90	5.80
0.35	0.91	1.65	3.37	2.95	5.90
0.40	1.04	1.70	3.46	3.00	6.00
0.45	1.17	1.75	3.55	3.05	6.10
0.50	1.30	1.80	3.64	3.10	6.20
0.55	1.39	1.85	3.73	3.15	6.30
0.60	1.48	1.90	3.82	3.20	6.40
0.65	1.57	1.95	3.91	3.25	6.50
0.70	1.66	2.00	4.00	3.30	6.60
0.75	1.75	2.05	4.10	3.35	6.70
0.80	1.84	2.10	4.20	3.40	6.80
0.85	1.93	2.15	4.30	3.45	6.90
0.90	2.02	2.20	4.40	3.50	7.00
0.95	2.11	2.25	4.50	3.55	7.10
1.00	2.20	2.30	4.60	3.60	7.20
1.05	2.29	2.35	4.70	3.65	7.30
1.10	2.38	2.40	4.80	3.70	7.40
1.15	2.47	2.45	4.90	3.75	7.50
1.20	2.56	2.50	5.00	3.80	7.60
1.25	2.65	2.55	5.10	3.85	7.70
1.30	2.74	2.60	5.20	3.90	7.80
1.35	2.83	2.65	5.30	3.95	7.90
1.40	2.92	2.70	5.40	4.00	8.00
1.45	3.01	2.75	5.50	6.00	12.00
1.50	3.10	2.80	5.60	6.50	13.00

7.3. INFLUENCIA DE LA VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS EN LOS MOMENTOS FLECTORES, CORTE Y HUNDIMIENTO.

7.3.1. PROPOSICIÓN DEL MODELO

Se analizará una viga infinita en lecho elástico, cuyo modelo se propone en la figura

7.1 y su geometría se detalla en figura 7.2 .

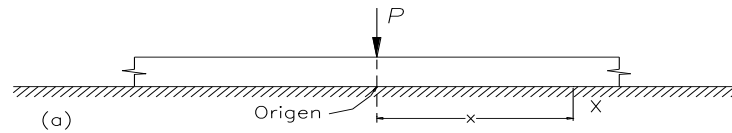


Fig. 7. 1. Fundación de Longitud infinita con cargas puntuales.

7.3.2. ECUACIONES CONSTITUYENTES DEL MODELO

.Las ecuaciones que rigen el comportamiento del modelo propuesto se detallan a continuación.

▶ **LONGITUD ELASTICA**

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{C \cdot b_1}} \tag{5. 1}$$

▶ **RIGIDEZ LONGITUDINAL DE LA VIGA**

Si $\lambda = \frac{1}{L}$

▶ **PARA EL HUNDIMIENTO**

$$y_x = \frac{Q}{2 \cdot b \cdot C} \cdot \lambda \cdot e^{-\lambda x} \cdot (\cos \lambda x + \text{sen} \lambda x) = \frac{Q \cdot \lambda}{2 \cdot b \cdot C} A_{\lambda x} \tag{5. 49}$$

► **PARA LA PENDIENTE**

$$\theta_x = -\frac{Q}{b \cdot C} \cdot \lambda^2 \cdot e^{-\lambda x} \cdot (\text{sen} \lambda x) = -\frac{Q \cdot \lambda^2}{b \cdot C} B_{\lambda x} \quad [5.50]$$

► **PARA EL MOMENTO**

$$M_x = \frac{Q}{4\lambda} \cdot e^{-\lambda x} \cdot (\cos \lambda x - \text{sen} \lambda x) = \frac{Q}{4\lambda} C_{\lambda x} \quad [5.51]$$

► **PARA LA FUERZA DE CORTE**

$$S_x = -\frac{Q}{2} \cdot e^{-\lambda x} \cdot (\cos \lambda x) = -\frac{Q}{2} D_{\lambda x} \quad [5.52]$$

7.3.3. DISEÑO DE FUNDACIÓN

Las ecuaciones que a continuación se presentan nos permiten determinar el área de armaduras longitudinales superiores e inferiores de una viga de fundación .

$M_{\text{sup.}}$: Momento máximo en cara superior de la viga de fundación.

$M_{\text{inf.}}$: Momento máximo en cara inferior de la viga de fundación.

V_u : Corte máximo vertical en la viga de fundación.

r : Recubrimiento de las armaduras.

$$d = h - r$$

► **PARA DETERMINAR EL AREA DE LAS ARMADURAS SUPERIORES.**

$$\rho_{\text{sup}} = 0.85 \times \frac{f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \frac{\frac{M_{\text{sup}}}{0.9}}{0.85 \times f_c \times b \times d^2}} \right)$$

$$\rho_{\text{min}} = \left(1.33 \times \rho_{\text{sup}} < \frac{14}{f_y}, \text{ entonces } \rho_{\text{min}} = 1.33 \times \rho_{\text{sup}}, \text{ si no } \rho_{\text{min}} = \frac{14}{f_y} \right)$$

$$\rho = \text{si } \left(\rho_{\text{sup}} > \rho_{\text{min}}, \rho_{\text{sup}}, \rho_{\text{min}} \right)$$

$$A_{\text{SUP}} = \rho \times b \times d$$

► **PARA DETERMINAR EL AREA DE LAS ARMADURAS INFERIORES.**

$$\rho_{\text{inf}} = 0.85 \times \frac{f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \frac{\frac{M_{\text{inf}}}{0.9}}{0.85 \times f_c \times b \times d^2}} \right)$$

$$\rho_{\text{min}} = \left(1.33 \times \rho_{\text{inf}} < \frac{14}{f_y}, \text{ entonces } \rho_{\text{min}} = 1.33 \times \rho_{\text{inf}}, \text{ si no } \rho_{\text{min}} = \frac{14}{f_y} \right)$$

$$\rho = \text{si } \left(\rho_{\text{inf}} > \rho_{\text{min}}, \rho_{\text{inf}}, \rho_{\text{min}} \right)$$

$$A_{\text{INF}} = \rho \times b \times d$$

► **VERIFICACIÓN DEL CORTE**

$$\Phi V_C = 0.85 \times 0.53 \times b \times d \times \sqrt{f_c}$$

Verificación = si $(V_U < \Phi V_C, \text{ entonces no requiere armaduras, si no requiere})$

Si la fundación no requiere de armaduras, entonces se colocaran armaduras mínimas.

► **ARMADURAS MÍNIMAS**

A_v = área de armadura por corte (mm^2)

b_w = ancho del alma (mm)

s = separación de las armaduras (mm)

f_y = tensión de fluencia específica de las armaduras (Mpa)

$$A_v = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y}$$

► **ARMADURAS DE CORTE.**

Caso en que se requiere armaduras para absorber el esfuerzo de corte.

V_c = resistencia no min al al corte proporsionada por el hormigón (N)

V_u = esfuerzo de corte mayorado en la sección (N)

V_s = resistencia no min al al corte proporsionada por la armadura de corte (N)

ϕ = factor de reducción de resistencia (0.85)

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c \Rightarrow V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$A_v = \frac{V_s \times s}{f_y \times d}$$

► **ARMADURA MÍNIMA A LA FLEXIÓN LONGITUDINAL**

$\rho_{\min imo}$ = Cuantía mínima de acero

A_s = área de armadura (cm^2)

b'' = ancho del alma (cm)

$d'' = h'' - r$ (cm)

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$A_s = b'' \times d'' \times \rho_{\min}$$

7.3.4. PROPOSICIÓN GEOMÉTRICA

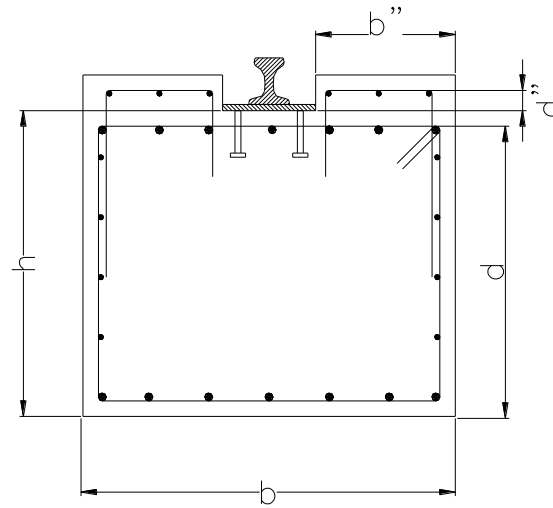


Fig. 7. 2. Viga de Fundación

7.4. BASES DEL DISEÑO

7.4.1. MATERIALES

- ▶ Hormigón Grado H₃₀

$$f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_c = 15.100 \times \sqrt{f_c}$$

reemplazando los valores se tiene

$$E_c = 15.100 \times \sqrt{250}$$

$$E_c = 238.752 \text{ Kg/cm}^2$$

- ▶ Acero calidad A63-42H

$$f_y = 4.200 \text{ kg/cm}^2$$

7.5. ANÁLISIS

7.5.1. VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS.

Para analizar y cuantificar la influencia de la variación del coeficiente de balastos en los momentos flectores, esfuerzos de corte y hundimiento se requiere fijar algunos parámetros que se indican a continuación:

Coeficiente de balastos $C =$ variara de 0 a 20 kg/cm^3

Ancho de la fundación $b = 110$ cm

Altura de la fundación $h = 130$ cm

Carga por Rueda..... $Q = 74$ toneladas

Longitud de la Viga $L = 126$ metros

Tabla 7.2 Resumen de los resultado de los valores máximos y mínimos de los momentos flectores, corte y hundimiento extraídos de tablas en documento anexo A-1, ocasionados por la variación del coeficiente de balastos.

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x⁺	M_x⁻	S_x	λ L
cm	cm	Kg /cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	m
110	130	1	12600	2.014E+07	0.00155	5.20	119.6	-24.8	37	19.5
110	130	2	12600	2.014E+07	0.00184	3.09	100.6	-20.9	37	23.2
110	130	3	12600	2.014E+07	0.00204	2.28	90.9	-18.9	37	25.6
110	130	4	12600	2.014E+07	0.00219	1.84	84.6	-17.6	37	27.6
110	130	5	12600	2.014E+07	0.00231	1.56	80.0	-16.6	37	29.1
110	130	6	12600	2.014E+07	0.00242	1.36	76.4	-15.9	37	30.5
110	130	7	12600	2.014E+07	0.00252	1.21	73.5	-15.3	37	31.7
110	130	8	12600	2.014E+07	0.00260	1.09	71.1	-14.8	37	32.8
110	130	9	12600	2.014E+07	0.00268	1.00	69.1	-14.3	37	33.7
110	130	10	12600	2.014E+07	0.00275	0.93	67.3	-14.0	37	34.7
110	130	11	12600	2.014E+07	0.00282	0.86	65.7	-13.6	37	35.5
110	130	13	12600	2.014E+07	0.00294	0.76	63.0	-13.1	37	37.0
110	130	14	12600	2.014E+07	0.00299	0.72	61.8	-12.8	37	37.7
110	130	15	12600	2.014E+07	0.00304	0.68	60.8	-12.6	37	38.3
110	130	16	12600	2.014E+07	0.00309	0.65	59.8	-12.4	37	39.0
110	130	17	12600	2.014E+07	0.00314	0.62	58.9	-12.2	37	39.6
110	130	18	12600	2.014E+07	0.00319	0.60	58.1	-12.1	37	40.1
110	130	19	12600	2.014E+07	0.00323	0.57	57.3	-11.9	37	40.7
110	130	20	12600	2.014E+07	0.00327	0.55	56.6	-11.7	37	41.2

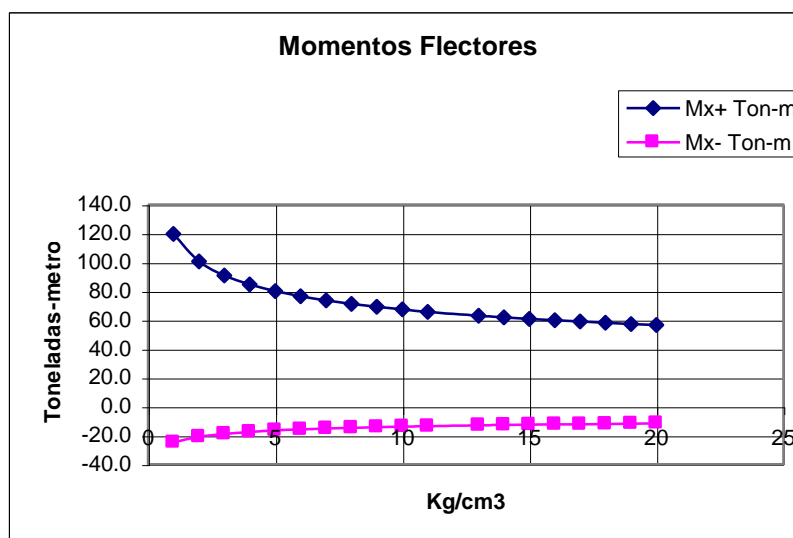


Fig. 7. 3. Gráfico Momentos Flectores v/s Coeficiente de Balasto

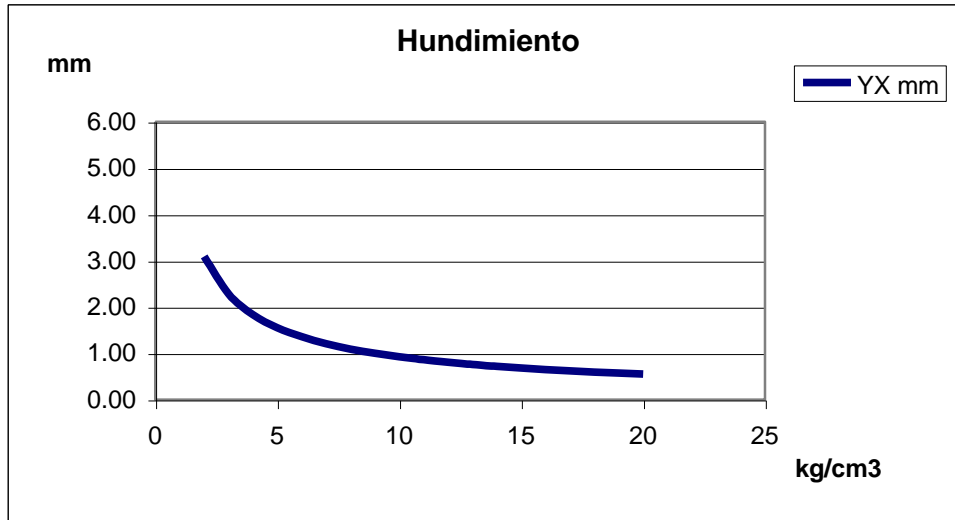


Fig. 7. 4. Gráfico Hundimiento v/s Coeficiente de Balasto

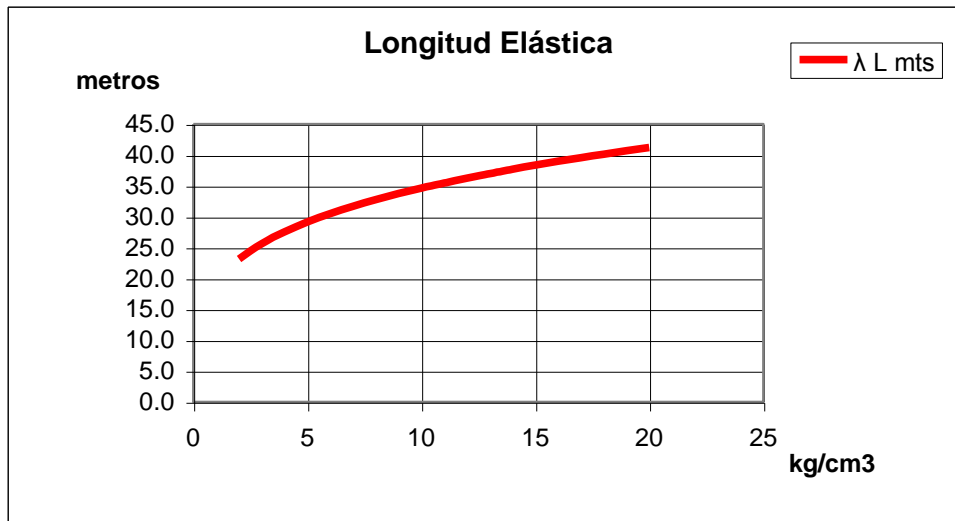


Fig. 7. 5. Gráfico Longitud Elástica v/s Coeficiente de Balasto

7.5.2. VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Para analizar y cuantificar la influencia de la variación de altura de la viga en los momentos flectores, esfuerzos de corte y hundimiento se fijaran los siguientes parámetros que se indican a continuación:

Coeficiente de balastos $C= 10 \text{ kg/cm}^3$

Ancho de la fundación $b=110 \text{ cm}$

Altura de la fundación $h=50 \text{ a } 240 \text{ en intervalos de } 10 \text{ cm}$

Carga por Rueda..... $Q=74 \text{ toneladas}$

Longitud de la Viga $L= 126 \text{ metros}$

Tabla 7.3 Resumen de los resultado de los valores máximos y mínimos de los momentos flectores, corte y hundimiento extraídos de tablas en documento anexo A-2, ocasionados por la variación de la altura de la viga

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x⁺	M_x⁻	S_x	λ L
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	m
110	50	10	12600	1.146E+06	0.00563	1.89	32.9	-6.8	37	70.9
110	60	10	12600	1.980E+06	0.00491	1.65	37.7	-7.8	37	61.9
110	70	10	12600	3.144E+06	0.00437	1.47	42.3	-8.8	37	55.1
110	80	10	12600	4.693E+06	0.00396	1.33	46.7	-9.7	37	49.9
110	90	10	12600	6.683E+06	0.00362	1.22	51.1	-10.6	37	45.7
110	100	10	12600	9.167E+06	0.00335	1.13	55.3	-11.5	37	42.2
110	110	10	12600	1.220E+07	0.00312	1.05	59.4	-12.3	37	39.3
110	120	10	12600	1.584E+07	0.00292	0.98	63.4	-13.2	37	36.8
110	130	10	12600	2.014E+07	0.00275	0.93	67.3	-14.0	37	34.7
110	140	10	12600	2.515E+07	0.00260	0.87	71.1	-14.8	37	32.8
110	150	10	12600	3.094E+07	0.00247	0.83	74.9	-15.6	37	31.1
110	160	10	12600	3.755E+07	0.00235	0.79	78.6	-16.3	37	29.7
110	170	10	12600	4.504E+07	0.00225	0.76	82.3	-17.1	37	28.3
110	180	10	12600	5.346E+07	0.00215	0.72	85.9	-17.8	37	27.1
110	190	10	12600	6.287E+07	0.00207	0.70	89.4	-18.6	37	26.1
110	200	10	12600	7.333E+07	0.00199	0.67	92.9	-19.3	37	25.1
110	210	10	12600	8.489E+07	0.00192	0.65	96.4	-20.0	37	24.2
110	220	10	12600	9.761E+07	0.00185	0.62	99.8	-20.7	37	23.4
110	230	10	12600	1.115E+08	0.00179	0.60	103.2	-21.4	37	22.6

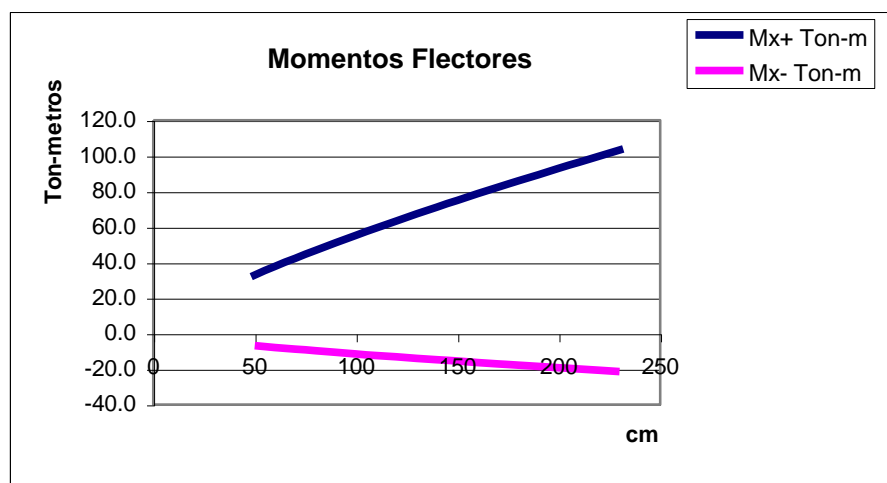


Fig. 7. 6. Gráfico Momentos Flectores v/s Altura de la Viga de Fundación

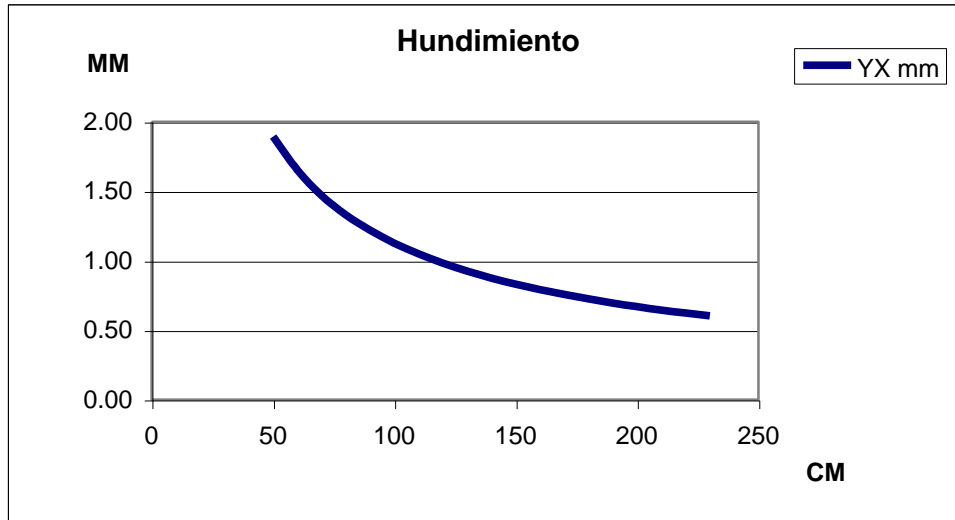


Fig. 7. 7. Gráfico Hundimiento v/s Peralte de la Viga

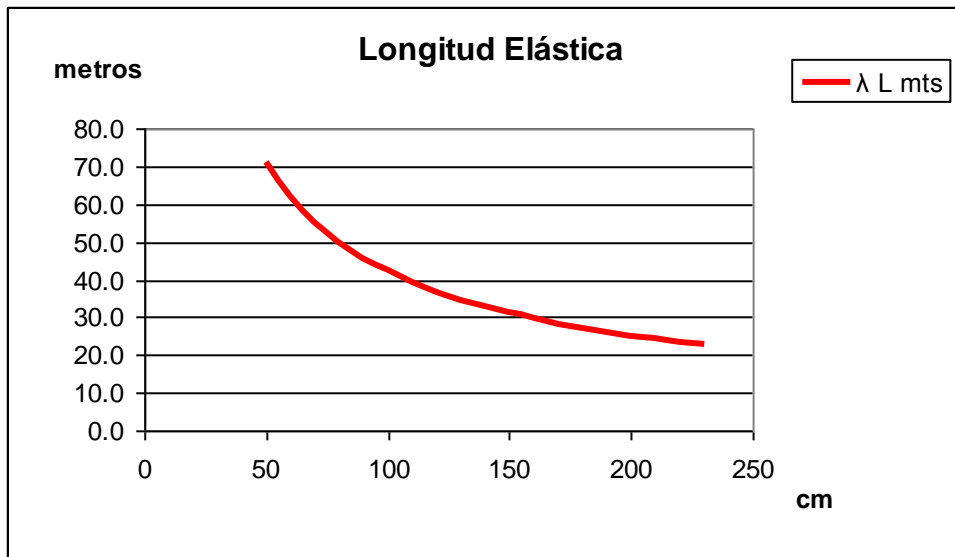


Fig. 7. 8. Gráfico Longitud Elástica v/s Peralte de la Viga

7.5.3. EVALUACION DEL COSTO DE LAS ARMADURAS POR EFECTOS DE UNA VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS.

Para estimar la incidencia en los costos de las armaduras por un aumento o disminución de los momentos flectores, causado por aumento o disminución de la rigidez del suelo, supondremos un valor por kilo de armaduras fabricadas y puesta en obra de 800 pesos por kilo.

Tabla 7.4, Armaduras Superiores e Inferiores de una Viga de Fundación.

$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

$b = 110 \text{ cm}$

$F_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

$h = 130 \text{ cm}$

$L = 126 \text{ m}$

$r = 7 \text{ cm}$

$d = 123 \text{ cm}$

Precio

Armadura

800 \$/kg

M_x^+	M_x^-	S_x	Armadura Inferiores			A_{INF}	Armadura Superiores			A_{SUP}	Valor
			P_{INF}	ρ_{min}	ρ		P_{SUP}	ρ_{min}	ρ		
Ton-m	Ton-m	Ton				cm ²				cm ²	\$
119.6	-12.9	37	0.0019388	0.0026	0.0026	34.89	0.0002055	0.0003	0.0003	3.70	4084045
100.6	-20.9	37	0.0016252	0.0022	0.0022	29.25	0.0003332	0.0004	0.0004	6.00	3730078
90.9	-18.9	37	0.0014662	0.0020	0.0020	26.38	0.0003010	0.0004	0.0004	5.42	3365863
84.6	-17.6	37	0.0013631	0.0018	0.0018	24.53	0.0002801	0.0004	0.0004	5.04	3129492
80.0	-16.6	37	0.0012881	0.0017	0.0017	23.18	0.0002648	0.0004	0.0004	4.77	2957773
76.4	-15.9	37	0.0012300	0.0016	0.0016	22.13	0.0002530	0.0003	0.0003	4.55	2824564
73.5	-15.3	37	0.0011830	0.0016	0.0016	21.29	0.0002434	0.0003	0.0003	4.38	2716678
71.1	-14.8	37	0.0011437	0.0015	0.0015	20.58	0.0002354	0.0003	0.0003	4.24	2626593
69.1	-14.3	37	0.0011101	0.0015	0.0015	19.98	0.0002286	0.0003	0.0003	4.11	2549640
67.3	-14.0	37	0.0010809	0.0014	0.0014	19.45	0.0002226	0.0003	0.0003	4.01	2482734
65.7	-13.6	37	0.0010552	0.0014	0.0014	18.99	0.0002174	0.0003	0.0003	3.91	2423738
63.0	-13.1	37	0.0010116	0.0013	0.0013	18.20	0.0002084	0.0003	0.0003	3.75	2323724
61.8	-12.8	37	0.0009929	0.0013	0.0013	17.87	0.0002046	0.0003	0.0003	3.68	2280700
60.8	-12.6	37	0.0009757	0.0013	0.0013	17.56	0.0002011	0.0003	0.0003	3.62	2241368
59.8	-12.4	37	0.0009600	0.0013	0.0013	17.27	0.0001979	0.0003	0.0003	3.56	2205195
58.9	-12.2	37	0.0009454	0.0013	0.0013	17.01	0.0001949	0.0003	0.0003	3.51	2171752
58.1	-12.1	37	0.0009318	0.0012	0.0012	16.77	0.0001921	0.0003	0.0003	3.46	2140690
57.3	-11.9	37	0.0009192	0.0012	0.0012	16.54	0.0001895	0.0003	0.0003	3.41	2111719
56.6	-11.7	37	0.0009074	0.0012	0.0012	16.33	0.0001871	0.0002	0.0002	3.37	2084601

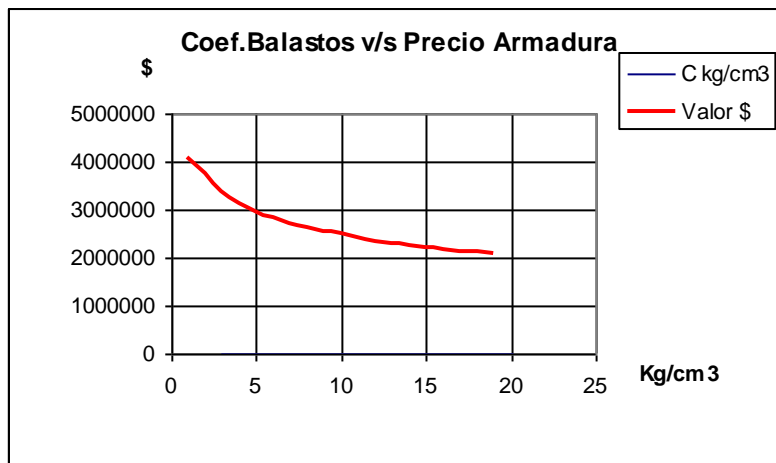


Fig. 7.9. Gráfico de Variación del Coeficiente de Balastos v/s el Costo de las Armaduras

7.6. COMENTARIOS.

- La variación del coeficiente de balastos en la práctica se logra mejorando el suelo, a través de la compactación o sustituyéndolo por otro de una mejor capacidad de soporte.
- En la tabla 7.2 se presenta un resumen de valores, que resulta de hacer variar el coeficiente de balastos de 1 a 20 kg/cm³. Se aprecia como los valores máximos y mínimos de los momentos flectores, corte y hundimiento se ven afectados.
- Del análisis de la figura 7.3. se observa que los momentos flectores disminuyen significativamente en el tramo de balastos comprendido entre $C=0$ hasta 13 kg/cm³; Por lo tanto se puede asumir un comportamiento exponencial en este trazo. Para valores mayores del coeficiente de balastos, no presenta una incidencia muy marcada en los momentos flectores y la pendiente de la curva se tiende a ser asintótica.
- El mismo efecto se repite para el hundimiento como se grafica en la figura 7.4, en que disminuye significativamente hasta suelos de un $C=13$ kg/cm³. Para valores mayores del coeficiente de balastos, no presenta un aporte significativo en el control del hundimiento.

- Al analizar la figura 7.5 se observa el siguiente comportamiento. La longitud elástica aumenta al mejorar el suelo de fundación, esto permite a la viga repartir las cargas sobre una superficie mas grande, explicando con esto la disminución de los momentos flectores y el hundimiento.
- La variación del peralte de la viga se logra variando su altura. Este aumento o disminución , incidirá en un incremento o decremento, de su inercia y por ende, variará la rigidez longitudinal flexional de la viga de fundación.
- En la tabla 7.3 la cual presenta un resumen de valores, que resulta de hacer variar la altura de la viga de fundación de 50 a 230 cm , se aprecia como los valores máximos y mínimos de los momentos flectores y hundimiento se ven aumentados y disminuidos, respectivamente, en una tasa de cambio que se puede asumir como lineal, esto a medida que se aumenta el peralte de la viga. En el caso del corte este se mantiene constante.
- Si bien es cierto los momentos flectores aumentan cuando aumenta la altura de la viga, como se aprecia en la figura 7.6, el momento flector positivo (cara inferior de la viga de fundación), presenta una mayor pendiente o tasa de cambio a medida que se recorre dicho aumento de peralte.
- El Hundimiento disminuye por efecto del aumento de la rigidez longitudinal, provocada por el aumento de la altura de la viga de fundación como se aprecia en la figura 7.7. La longitud elástica disminuye aumentando con esto la desangulación. Esto explica el aumento de los momentos flectores como se observa en la figura 7.8.
- Un diseño optimo desde el punto de vista técnico-económico implica un análisis mas exhaustivo de las variables antes mencionadas de modo de compatibilizar las deformaciones admisibles del suelo con la rigidez longitudinal de la viga, estas dos variables definen la interacción del suelo con la estructura.

- En la figura 7.9 que grafica la variación de los costos de las armaduras de la viga al mejorar el suelo de fundación, se observa que se repite la tendencia que en el rango $C = 0$ a 13 kg/cm^3 , la incidencia es significativa, pues disminuyen las armaduras casi a la mitad de su valor, sobre este rango la disminución es poco relevante.

Para efectuar un adecuado diseño se concluye que:

- El Hundimiento de una viga en lecho elástico es posible controlarlo eficientemente aumentando la rigidez longitudinal a través del aumento de su altura.
- Los Momentos flectores son controlados mejorando el suelo de fundación.

7.7. DISEÑO

7.7.1. TIPO DE SUELO

El suelo existente es arena que tiene un coeficiente de balastos $C = 5 \text{ kg/cm}^3$

El suelo propuesto para relleno es un estabilizado cuyo coeficiente de balastos de acuerdo a ensayos de Laboratorio realizado de clasificación y carga con placa circular de diámetro 75 cm, fueron graficados y se muestran en la figura 7.10 .

La pendiente de la grafica nos proporcionará el valor del Coeficiente de Balastos que se obtiene como se indica a continuación .

$$C = \frac{y_2 - y_1}{X_2 - X_1} \text{ reemplazando los valores en la ecuación se obtiene}$$

$$C = \frac{3.5 - 3}{0.32 - 0.281} = 12.82 \text{ kg/cm}^3$$

La tensión máxima para este tipo de suelo de acuerdo al valor obtenido en el ensayo y como se aprecia en la grafica es de $6,4 \text{ Kg/cm}^2$

La deformación permanente es de $2,7 \text{ mm}$

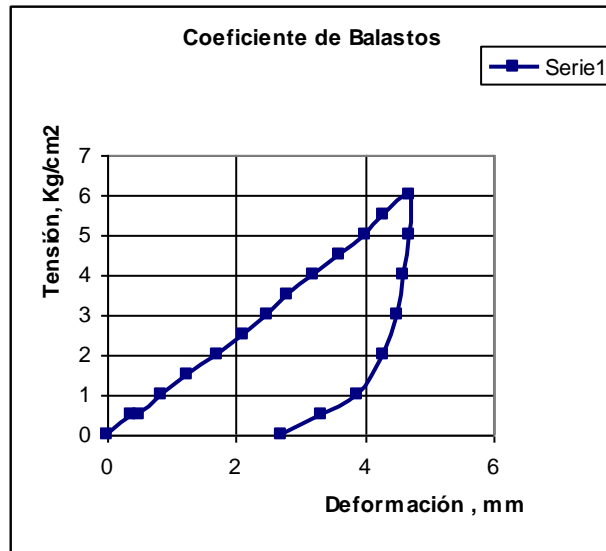


Fig. 7. 10. Gráfico Tensión v/s Deformación

7.7.2. EVALUACION DE LOS ESFUERZOS ACTUANTES

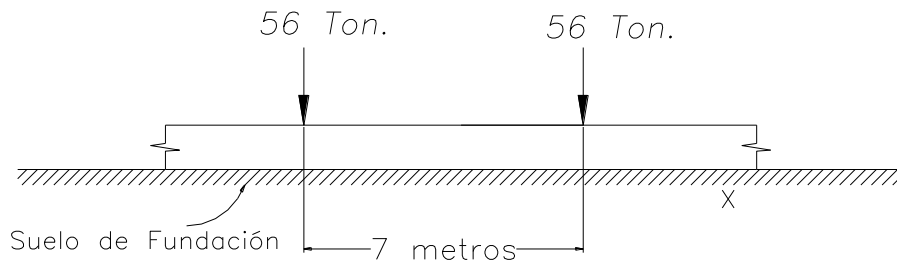


Fig. 7. 11. Cargas verticales máxima

7.7.3. VÍA FERREA

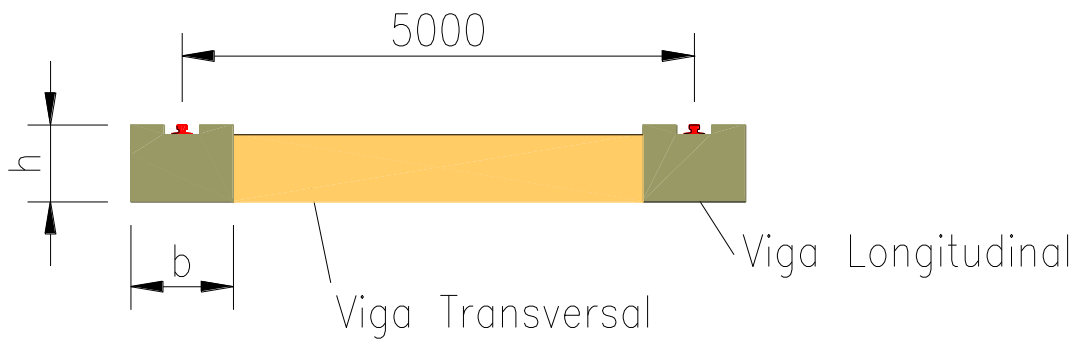


Fig. 7. 12. Proposición Geométrica

7.7.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO

De acuerdo a documentos ESP-70-012 “Continuous casting shop technical note . Steel ladle transit car – Operating manual, se tiene las siguientes consideraciones técnicas para el carro de traspaso y la vía.

► ANTECEDENTES DEL EQUIPO:

Capacidad de la cuchara	115 toneladas
Capacidad máxima con cuchara llena	175 toneladas
Peso de la Cuchara	43 toneladas
Factor de impacto para el diseño (durante la carga)	2
Velocidad de desplazamiento	2.4 Km. / hr.
Aceleración de desplazamiento	0.076 m/seg ²
Distancia de frenado con carga máxima	2 metros
Velocidad de rotación	1 rpm.
Aceleración de rotación	0.006 rpms ²
Angulo de rotación	90 °
Carga estática máxima por rueda	80 toneladas
Carga dinámica máxima por rueda	50 toneladas
Distancia entre ejes de ruedas	5 metros
Distancia entre ruedas	7 metros

► ANTECEDENTES DE LA VÍA.

Tolerancias en el alineamiento de la vía	5000 mm +/- 3mm.
Tipo de Riel	N5 – A100.
Longitud de la vía	126 metros.
Ancho de la trocha	5 metros.

► **CARRO CON CUCHARA LLENA**

Carga máxima por rueda	56 toneladas.
Carga mínima por ruedas	53 toneladas.
Carga total Carro + Cuchara Llena	218 toneladas.

► **CARRO CON CUCHARA VACÍA.**

Carga máxima por rueda	26.5 toneladas.
Carga mínima por rueda	23.5 toneladas.
Carga total Carro + Cuchara Vacía	100 toneladas.

7.7.5. DESCRIPCIÓN

El Carro de traspaso, es usado para llevar acero liquido desde el Convertidor al Oxígeno hasta la Colada Continua de Palanquillas, tal proceso lo realiza por medio de un carro que se traslada de un punto a otro sobre una vía férrea.

El carro de traspaso esta compuesto básicamente por:

Un bastidor o estructura rígida y un descanso como asiento de la cuchara .

Un juego de cuatro ruedas de ejes rígidos, montadas por medio de bujes, equipadas con resortes de suspensión.

Una transmisión mecánica con motor eléctrico ubicada en la estructura del carro.

Un enrollador para el cable de alimentación eléctrica ubicada en el costado de la estructura del carro.

Equipamiento eléctrico consistente en un motor, controles de puesta en marcha y detención , limitador de velocidades.

7.7.6. CARRO DE TRASPASO



Figura 7.13. Salida de la Olla de Acero Líquido desde el Convertidor

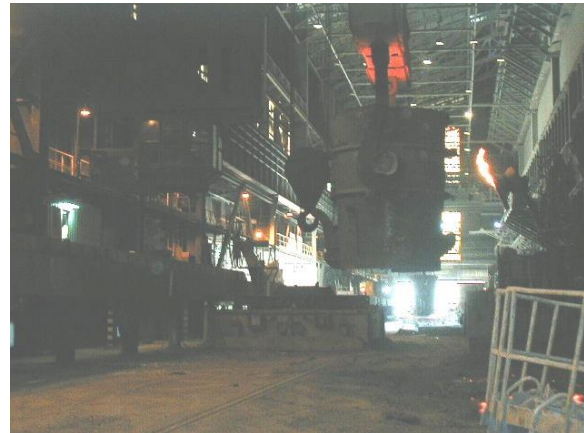


Figura 7.14. Carga de la Olla al Carro de Traspaso



Figura. 7.15 Vía Férrea



Figura 7.16. Llegada a Colada Continua



Figura 7.17. Vista General

7.7.7. RUEDAS

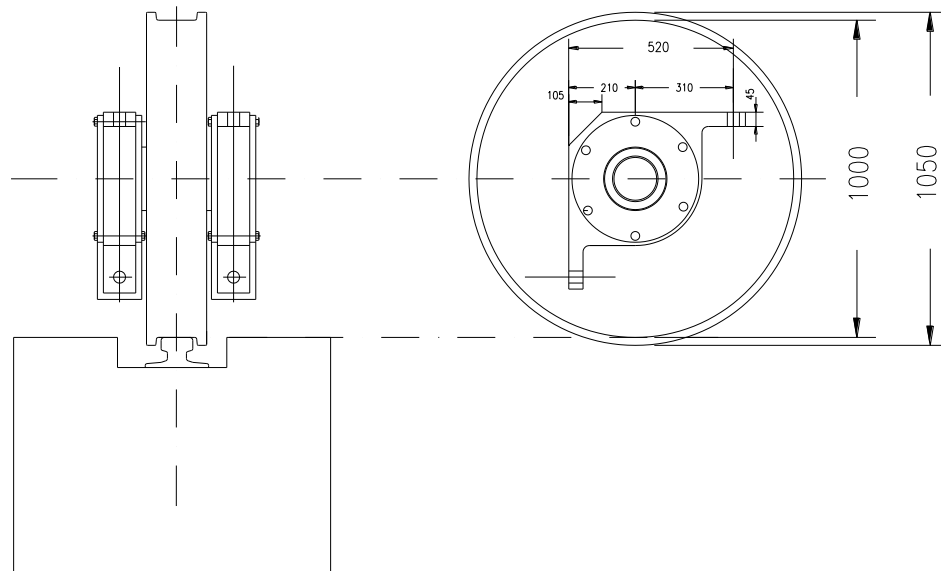


Figura 7.18 Detalle Tipo Rueda Carro Traspaso

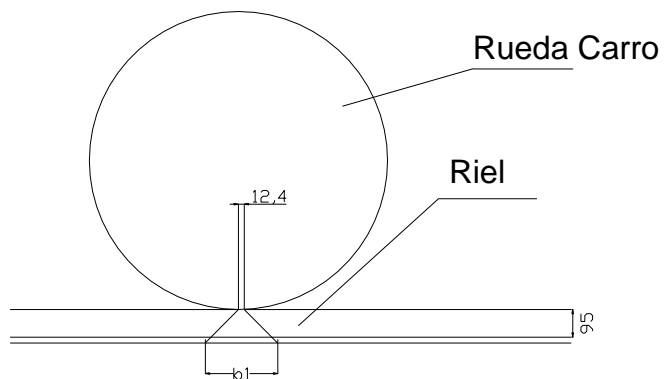


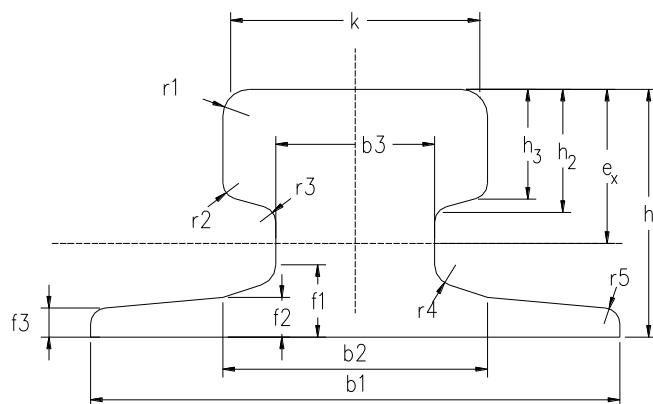
Figura 7.19 Distribución de los Esfuerzos Verticales.

El área de contacto del riel con la fundación es :

$$A = 291 \text{ cm}^2$$

7.7.8. RIEL

Carriles de Grúas Forma A (con patín) Medidas, valores estáticos, calidades de aceros	DIN 536
<p>Campo de aplicación</p> <p>Esta norma sirve para vías de grúa laminadas en caliente de la forma A para empleo general con las medidas según la tabla .</p> <p>Medidas en mm.</p> <p>Materiales</p> <p>Vías de grúa laminadas en caliente según esta norma se fabrican de acero con una resistencia mínima a la tracción de 590 N/mm². Aceros con un valor mínimo más alto de la resistencia a la tracción, p.e 690 N/mm², para vías de grúa A 100 y A120 también 880 N/mm², se acordarán especialmente a pedido.</p>	



Abreviatura	Ancho de la Cabeza	b_1	b_2	b_3	f_1	f_2	f_3	h_1	h_2	h_3	r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	Sección cm ²	Peso Kg/m	Momento de Inercia J_x cm ⁴	Distancia al centro de Gravedad e_x cm	Momento de resistencia W_x cm ³	Momento de Inercia J_y cm ⁴	Momento de resistencia W_x cm ³
A45	45	125	54	24	145	11	8	55	24	20	4	3	4	5	4	28,3	22,2	91	3,31	27,5	169	27
A55	55	150	65	31	17.5	12.5	9	65	28.5	25	5	5	5	6	5	40,7	32	182	3,88	46,9	337	44,9
A65	65	175	78	38	20	14	10	75	34	30	6	5	5	6	5	55,4	43,5	327	4,44	73,7	609	69,5
A75	75	200	90	45	22	15.4	11	85	39.5	35.2	8	6	6	8	6	72,1	56,5	545	5,00	109	1010	101
A100	100	200	100	60	23	16.5	12	95	45.5	40	10	6	6	8	6	95,6	75,2	888	5,21	170	1350	135
A120	120	220	120	72	20	20	14	105	55.5	42.5	10	6	10	10	6	129	101,3	1420	5,70	249	2370	215

Vía de Grúa A65 DIN 536

7.7.9. DISEÑO VIGAS FUNDACIÓN

7.7.9.1. VIGA DE FUNDACIÓN EN SUELO EXISTENTE Y CARRO CON CUCHARA LLENA.

Para este caso se analizarán fundaciones corridas bajo cada riel, las que se unirán transversalmente mediante vigas de amarre, La figura 7.12 muestra la geometría de estas fundaciones.

► DATOS DE ENTRADA

$$Q = 76.000 \text{ Kg}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 110 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 \rightarrow I = 11.691.667 \text{ cm}^4$$

$$C = 5 \text{ kg/cm}^3 \rightarrow 5.000 \text{ ton - m}$$

$$E_c = 238.752 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$r = 7 \text{ cm}$$

$$d = h - r \rightarrow d = 110 - 7 = 103 \text{ cm}$$

7.7.9.1.1. RIGIDEZ LONGITUDINAL DE LA FUNDACIÓN

$$\lambda = \left(k \times \frac{b}{4 \times E_c \times I} \right) \rightarrow \lambda = \left(5 \times \frac{100}{4 \times 238.752 \times 11.691.667} \right) = 0.00262$$

$$\text{Longitud de la viga} = 12.600 \text{ cm}$$

$\lambda \times L = 33 \text{ metros} > \pi$, se puede considerar la fundación como infinita en el sentido longitudinal.

$< \frac{\pi}{4}$ La fundación no puede considerarse rígida

Para analizar las fundaciones se utilizara las ecuaciones antes descritas para una primera aproximación al diseño, para luego evaluarlas con el software SAP2000 y determinar los momentos flectores, corte y hundimiento del conjunto estructural.

Tabla 7.5 Resumen de los resultado de los valores máximos y mínimos de los momentos flectores, corte y hundimiento extraídos de tablas en documento anexo C-(1-7), ocasionados por la variación de la altura de la viga.

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x⁺	M_x⁻	S_x	λ L
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
100	50	5	12.600	1.041.667	0.00473	3.60	40.13	-8.33	38	59.66
100	60	5	12.600	1.800.000	0.00413	3.14	46.01	-9.56	38	52.03
100	70	5	12.600	2.858.333	0.00368	2.80	51.65	-10.73	38	46.35
100	80	5	12.600	4.266.667	0.00333	2.53	57.09	-11.86	38	41.94
100	90	5	12.600	6.075.000	0.00305	2.32	62.36	-12.95	38	38.39
100	100	5	12.600	8.333.333	0.00282	2.14	67.49	-14.02	38	35.47
100	110	5	12.600	11.091.667	0.00262	1.99	72.49	-15.06	38	33.03

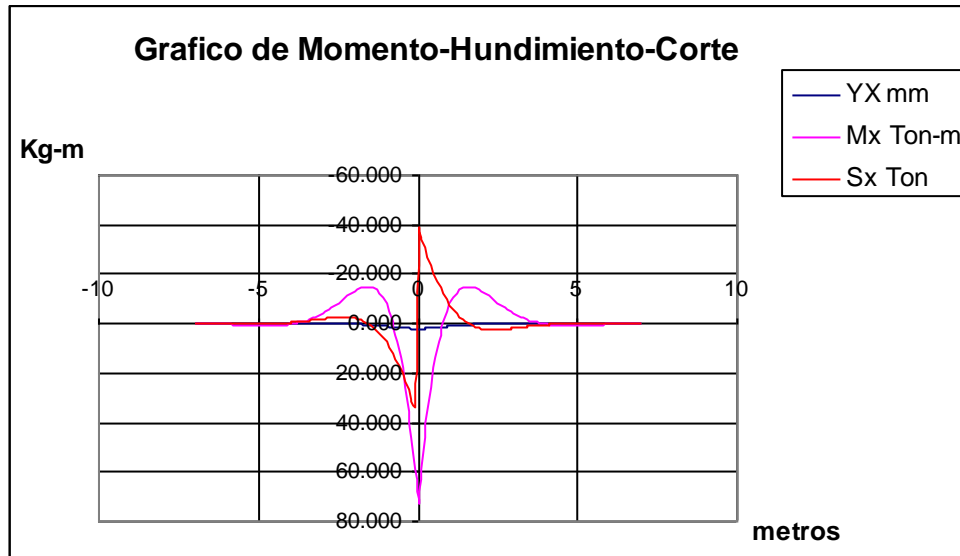


Figura 7.20 Diagrama de Deformaciones y Momentos para una Carga

Tabla 7.6 Resumen de los resultado de los valores máximos y mínimos de los momentos flectores y corte, extraídos del SAP2000, que son el resultado de evaluar la interacción de la estructural con el suelo, considerando resortes colocados a 50 cm.

b	h	C	L	I_x	M_x⁺	M_x⁻	S_x	Y_x
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	Ton-m	Ton-m	Ton	mm
100	110	5	12.600	11.091.667	59.80	-12.58	35.28	1.26

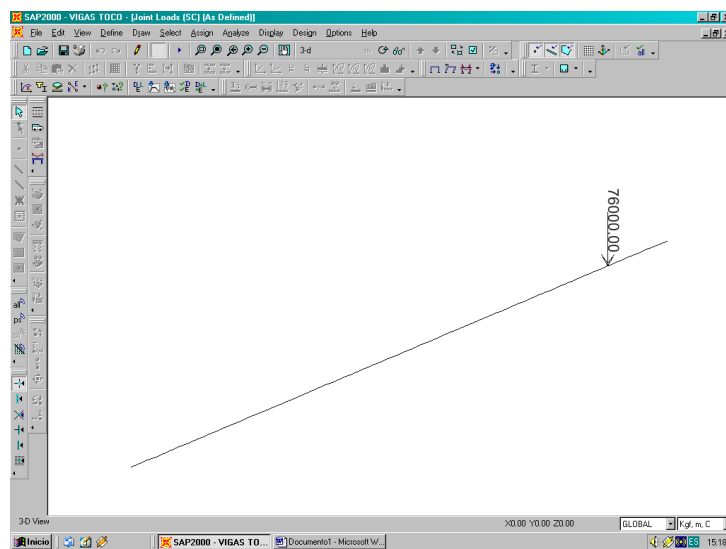


Figura 7.21 Modelo para una Carga

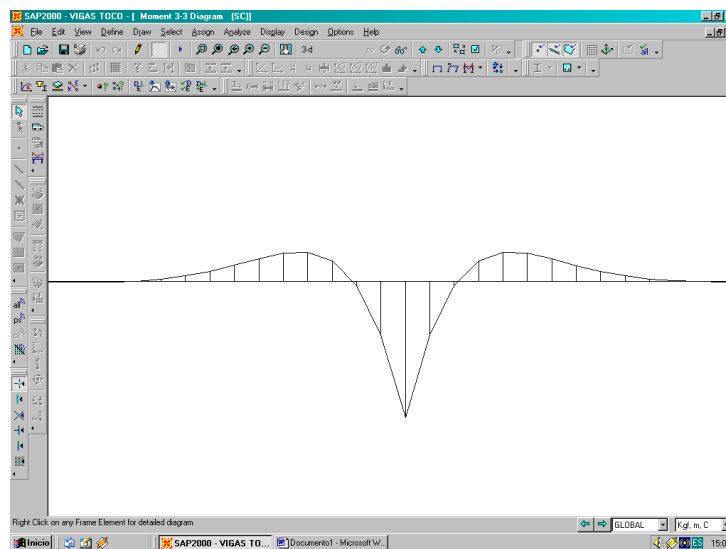


Figura 7.22 Diagrama de Deformaciones y Momentos para una Carga en SAP2000

Tabla 7.7 Resumen de los resultado de los valores máximos y mínimos de los momentos flectores y corte, extraídos del SAP2000, que son el resultado de evaluar la interacción de la estructural completa con vigas transversales y longitudinales con el suelo, considerando resortes colocados a 50 cm.

b	h	C	L	I_x	M_x⁺	M_x⁻	S_x	Y_x
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	Ton-m	Ton-m	Ton	mm
100	110	5	12.600	11.091.667	49.78	-29.83	35.96	1.82

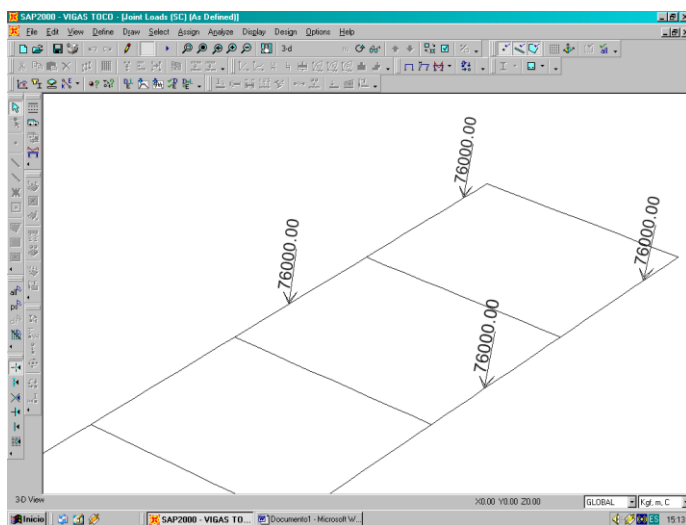


Figura 7.23 Modelo para el Carro de Traspaso

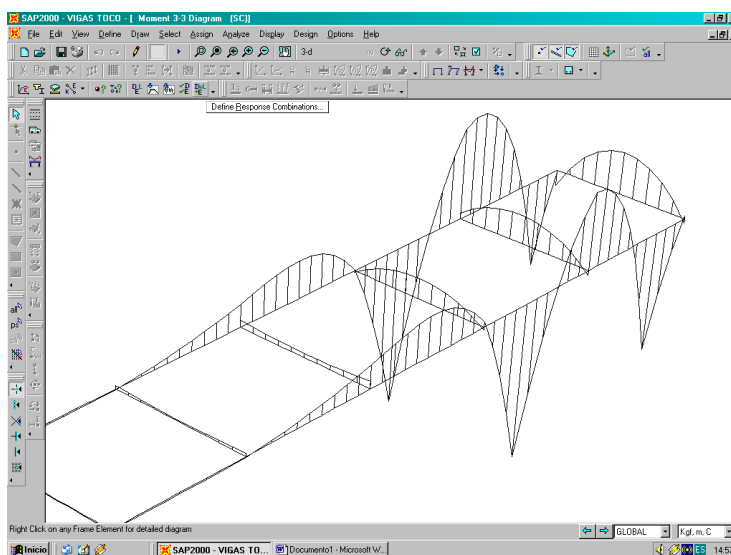


Figura 7.24 Diagrama de Deformaciones y Momentos del Conjunto Estructural SAP2000

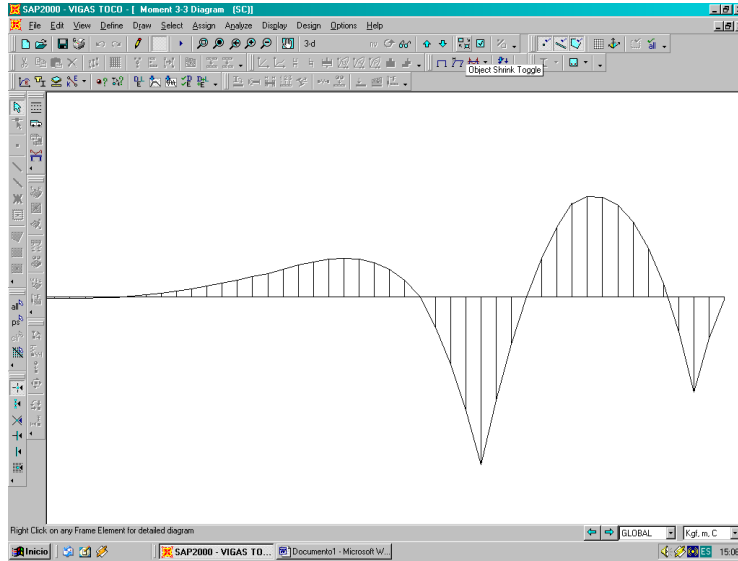


Figura 7.25 Diagrama de Deformaciones y Momentos de una Línea Estructural SAP2000

Tabla 7.8, Armaduras Superiores e Inferiores de la viga longitudinal, considerando los valores de momento para en conjunto estructural de vigas longitudinales y transversales como se indica en el anexo D de planos 1-A.

M_x^+	M_x^-	S_x	Armadura Inferior			A_{INF}	Armadura Superior			A_{SUP}	Valor
Ton-m	Ton-m	Ton	ρ_{sup}	ρ_{min}	ρ	cm ²	ρ_{inf}	ρ_{min}	ρ	cm ²	\$
49.78	-29.83	35.96	0.00126	0.0017	0.0017	17.22	0.0007494	0.001	0.0010	10.27	2.909.011

► ARMADURA LONGITUDINAL

- El área de la armadura inferior es de 17.22 cm² por tanto esta se distribuye de la siguiente manera :
- $7fe\phi 18 = 17.81 \text{ cm}^2 \rightarrow 7fe\phi 18 @ 12$
- El área de la armadura superior es de 10.27 cm² por tanto esta se distribuye de la siguiente manera:
- $6fe\phi 16 = 12.06 \text{ cm}^2 \rightarrow 6fe\phi 16 @ 14$

► **VERIFICACIÓN DEL CORTE**

$$\Phi V_C = 0.85 \times 0.53 \times b \times d \times \sqrt{f_c} \quad (\text{Kg}).$$

$$\Phi V_C = 0.85 \times 0.53 \times 100 \times 103 \times \sqrt{250} = 73.368 \text{ kg} \rightarrow 73 \text{ ton}$$

Verificación = si ($V_U < \Phi V_C$, entonces no requiere armaduras, si no requiere)

Verificación = si ($35.96 < 73$, entonces no requiere armaduras)

Nota:

Si la fundación no requiere de armaduras, entonces se colocaran armaduras mínimas.

► **ARMADURAS MÍNIMAS AL CORTE**

A_v = área de armadura por corte (mm^2)

b_w = ancho del alma (mm)

s = separación de las armaduras (mm)

f_y = tensión de fluencia específica de las armaduras (Mpa)

$$A_v = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y}$$

$$A_v = \frac{1000 \times 200}{3 \times 420} = 158.14 \text{ mm}^2 \rightarrow 1.58 \text{ cm}^2$$

$$\text{Estribos } \phi 10 = 1.6 \text{ cm}^2 \rightarrow E\phi 10 @ 20$$

► **ARMADURA MÍNIMA A LA FLEXIÓN LONGITUDINAL**

ρ_{minimo} = Cuantía mínima de acero

A_s = área de armadura (cm^2)

b'' = ancho del alma (cm)

d'' = $h'' - r$ (cm)

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} \rightarrow \rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{420} = 0.003$$

$$A_s = b'' \times d'' \times \rho_{\text{min}} \rightarrow A_s = 45 \times 10.5 \times 0.003 = 1.58 \text{ cm}^2$$

$$3 \text{ fe } \phi 10 = 2.35 \text{ cm}^2 \rightarrow 3 \text{ fe } \phi 10 @ 10$$

Tabla 7.9, Armaduras Superiores e Inferiores de la viga transversal , considerando los valores de momento para en conjunto estructural de vigas longitudinales y transversales como se indica en el anexo D de planos 1-A.

M_x^+	M_x^-	S_x	Armadura Inferior			A_{INF}	Armadura Superior			A_{SUP}	Valor
Ton-m	Ton-m	Ton	ρ_{sup}	ρ_{min}	ρ	cm ²	ρ_{inf}	ρ_{min}	ρ	cm ²	\$
13.14	-5.04	14.06	0.00132	0.0018	0.0018	6.42	0.000503	0.0007	0.0007	2.44	37.206

► ARMADURA LONGITUDINAL

- El área de la armadura inferior es de 6.42 cm² por tanto esta se distribuye de la siguiente manera :
- $2 fe\phi 18 + 1 fe\phi 16 = 5.09 + 2.01 = 7.1 cm^2 \rightarrow 2 fe\phi 18 + 1 fe\phi 16 @ 18$
- El área de la armadura superior es de 2.44 cm² por tanto esta se distribuye de la siguiente manera:
- $3 fe\phi 12 = 3.4 cm^2 \rightarrow 3 fe\phi 12 @ 18$

► VERIFICACIÓN DEL CORTE

$$\Phi V_C = 0.85 \times 0.53 \times b \times d \times \sqrt{f_c} \quad (Kg).$$

$$\Phi V_C = 0.85 \times 0.53 \times 50 \times 73 \times \sqrt{250} = 26.000 kg \rightarrow 26 ton$$

Verificación = si ($V_v < \Phi V_C$, entonces no requiere armaduras, si no requiere)

Verificación = si ($14.06 < 26$, entonces no requiere armaduras)

Nota:

Si la fundación no requiere de armaduras, entonces se colocaran armaduras mínimas.

▶ ARMADURAS MÍNIMAS AL CORTE

A_v = área de armadura por corte (mm^2)

b_w = ancho del alma (mm)

s = separación de las armaduras (mm)

f_y = tensión de fluencia específica de las armaduras (Mpa)

$$A_v = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y}$$

$$A_v = \frac{500 \times 200}{3 \times 420} = 79.37 \text{ mm}^2 \rightarrow 0.79 \text{ cm}^2$$

$$\text{Estribos } \phi 8 = 1 \text{ cm}^2 \rightarrow E\phi 8 @ 20$$

7.7.9.2. DISEÑO DE VIGA DE FUNDACIÓN CON SUELO MEJORADO Y EL CARRO CON CUCHARA LLENA

Para este caso se analizarán fundaciones corridas bajo cada riel, las que se unirán transversalmente mediante vigas de fundación, La figura 7.12 muestra la geometría de estas fundaciones.

► DATOS DE ENTRADA

$$Q = 76.000 \text{ Kg}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3 \rightarrow I = 1.041.667 \text{ cm}^4$$

$$C = 12.8 \text{ kg/cm}^3 \rightarrow 12.800 \text{ ton - m}$$

$$E_c = 238.752 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$$

$$r = 7 \text{ cm}$$

$$d = h - r \rightarrow d = 50 - 7 = 43 \text{ cm}$$

7.7.9.2.1. RIGIDEZ LONGITUDINAL DE LA FUNDACIÓN

$$\lambda = \left(k \times \frac{b}{4 \times E_c \times I} \right) \rightarrow \lambda = \left(12.8 \times \frac{100}{4 \times 238.752 \times 1.041.667} \right) = 0.01$$

$$\text{Longitud de la viga} = 12.600 \text{ cm}$$

$\lambda \times L = 75.5 \text{ metros} > \pi$, se puede considerar la fundación como infinita en el sentido longitudinal.

$< \frac{\pi}{4}$ La fundación no puede considerarse rígida

Para analizar las fundaciones se utilizara las ecuaciones antes descritas para una primera aproximación al diseño, para luego evaluarlas con el software SAP2000 y determinar los momentos flectores, corte y hundimiento del conjunto estructural.

Tabla 7.10 Resumen de los resultado de los valores máximos y mínimos de los momentos flectores, corte y hundimiento extraídos de tablas en documento anexo C-(8), ocasionados por la variación de la altura de la viga

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x⁺	M_x⁻	S_x	λ L
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
100	50	12.80	12.600	1.041.667	0.01	1.78	31.72	-6.59	38.00	75.46

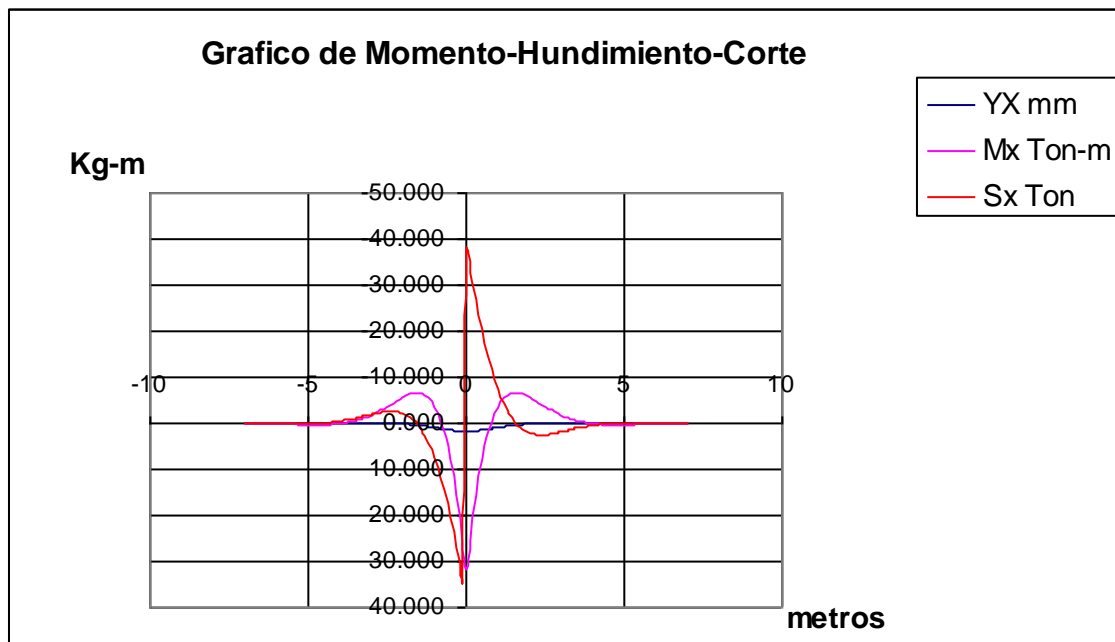


Figura 7.26 Diagrama de Deformaciones y Momentos para una Carga

Tabla 7.11 Resumen de los resultado de los valores máximos y mínimos de los momentos flectores y corte, extraídos del SAP2000, que son el resultado de evaluar la interacción de la estructural con el suelo.

b	h	C	L	I_x	M_x⁺	M_x⁻	S_x	Y_x
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	Ton-m	Ton-m	Ton	mm
100	50	12.8	12.600	1.041.667	25.66	5.39	30.92	1.10

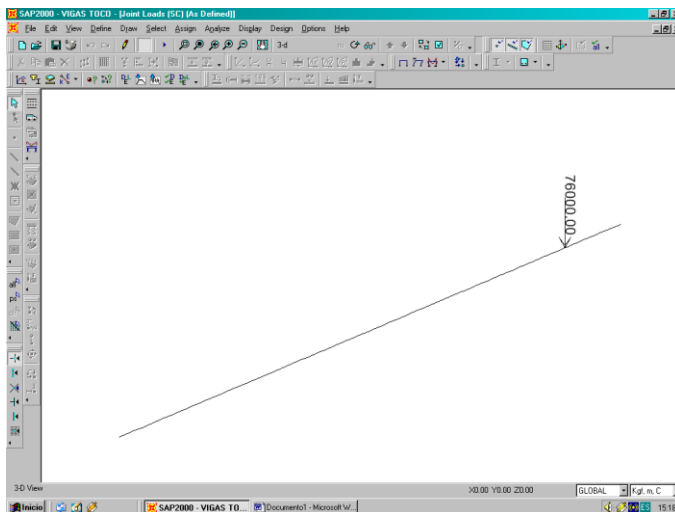


Figura 7.27 Modelo para una Carga

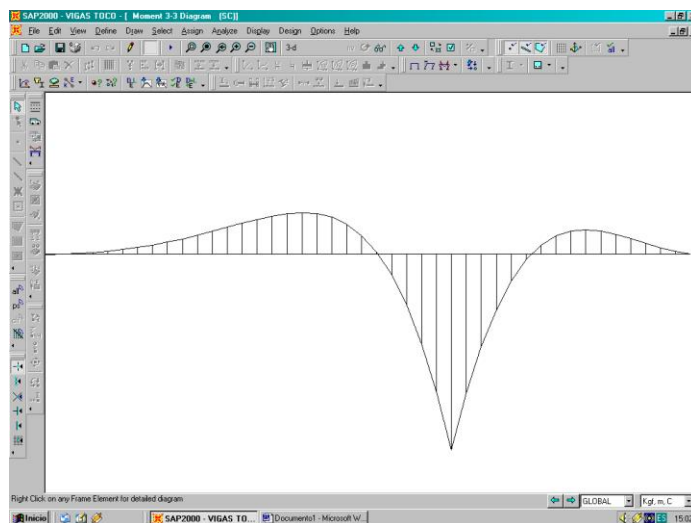


Figura 7.28 Diagrama de Deformaciones y Momentos para una Carga en SAP2000

Tabla 7.12 Resumen de los resultado de los valores máximos y mínimos de los momentos flectores y corte, extraídos del SAP2000, que son el resultado de evaluar la interacción de la estructural del conjunto de vigas transversales y longitudinales con el suelo de fundación.

b	h	C	L	I_x	M_x⁺	M_x⁻	S_x	Y_x
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	Ton-m	Ton-m	Ton	mm
100	50	12.8	12.600	11.091.667	25.9	-6.48	32.17	11.17

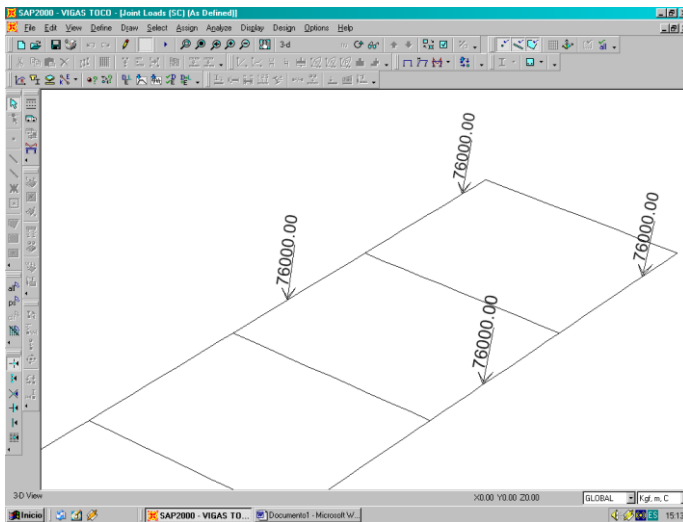


Figura 7.29 Modelo para el Carro de Traspaso

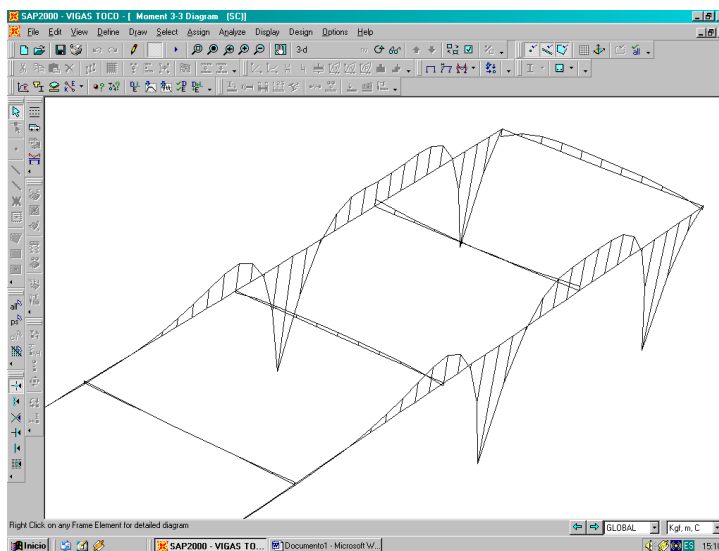


Figura 7.30 Diagrama de Deformaciones y Momentos del Conjunto Estructural SAP2000

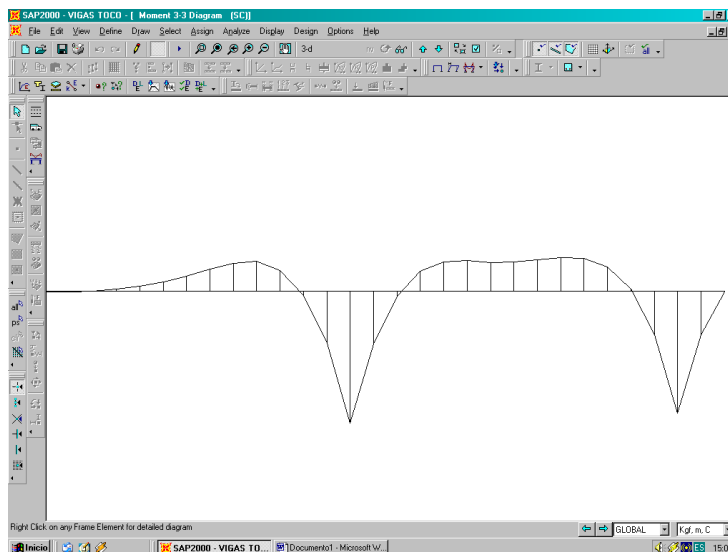


Figura 7.31 Diagrama de Deformaciones y Momentos de una Línea Estructural SAP2000

Tabla 7.13 Armaduras Superiores e Inferiores de la viga longitudinal , considerando los valores de momento para en conjunto estructural de vigas longitudinales y transversales como se indica en el anexo D de planos 1-B.

M_x^+	M_x^-	S_x	Armadura Inferior			A_{INF}	Armadura Superior			A_{SUP}	Valor
Ton-m	Ton-m	Ton	ρ_{sup}	ρ_{min}	ρ	cm^2	ρ_{inf}	ρ_{min}	ρ	cm^2	\$
25.9	-6.48	32.17	0.0038524	0.0033	0.0039	16.57	0.0009358	0.0012	0.0012	5.35	2.319.695

► ARMADURA LONGITUDINAL

- El área de la armadura inferior es de 16.57 cm^2 por tanto esta se distribuye de la siguiente manera :
- $7 \text{ fe}\phi 18 = 17.81 \text{ cm}^2 \rightarrow 7 \text{ fe}\phi 18 @ 12$
- El área de la armadura superior es de 5.35 cm^2 por tanto esta se distribuye de la siguiente manera:
- $6 \text{ fe}\phi 12 = 6.79 \text{ cm}^2 \rightarrow 6 \text{ fe}\phi 12 @ 14$

► **VERIFICACIÓN DEL CORTE**

$$\Phi V_C = 0.85 \times 0.53 \times b \times d \times \sqrt{f_c} \quad (\text{Kg}).$$

$$\Phi V_C = 0.85 \times 0.53 \times 100 \times 43 \times \sqrt{250} = 30.629 \text{ kg} \rightarrow 30.7 \text{ ton}$$

Verificación = si ($V_u < \Phi V_C$, entonces no requiere armaduras, si no requiere)

Verificación = si ($32.17 > 30.7$, entonces requiere armaduras)

Nota:

La fundación requiere de armaduras

► **ARMADURAS MÍNIMAS**

A_v = área de armadura por corte (mm^2)

b_w = ancho del alma (mm)

s = separación de las armaduras (mm)

f_y = tensión de fluencia específica de las armaduras (Mpa)

$$A_v = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y}$$

$$A_v = \frac{1000 \times 200}{3 \times 420} = 158.14 \text{ mm}^2 \rightarrow 1.58 \text{ cm}^2$$

$$\text{Eribos } \phi 10 = 1.6 \text{ cm}^2 \rightarrow E\phi 10 @ 20$$

► **ARMADURAS DE CORTE.**

Caso en que se requiere armaduras para absorber el esfuerzo de corte.

V_c = resistencia no mín al al corte proporsionada por el hormigón (N)

V_u = esfuerzo de corte mayorado en la sección (N)

V_s = resistencia no mín al al corte proporsionada por la armadura de corte (N)

ϕ = factor de reducción de resistencia (0.85)

$$\phi V_s = V_u - \phi V_c \Rightarrow V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{3.217}{0.85} - 3.070 = 714.71 \text{ (N)}$$

$$A_v = \frac{V_s \times s}{f_y \times d}$$

$$A_v = \frac{714.71 \times 200}{420 \times 430} = 0.79 \text{ cm}^2$$

$$\text{Estribos } \phi 8 = 1 \text{ cm}^2 \rightarrow E\phi 8 @ 20$$

Nota: Se coloca armadura para los *Estribos* $\phi 10 = 1.6 \text{ cm}^2 \rightarrow E\phi 10 @ 20$

► **ARMADURA MÍNIMA A LA FLEXIÓN LONGITUDINAL**

$\rho_{\text{minimo}} = \text{Cuantía mínima de acero}$

$A_s = \text{área de armadura (cm}^2\text{)}$

$b'' = \text{ancho del alma (cm)}$

$d'' = h'' - r \text{ (cm)}$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} \rightarrow \rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{420} = 0.003$$

$$A_s = b'' \times d'' \times \rho_{\text{min}} \rightarrow A_s = 45 \times 10.5 \times 0.003 = 1.58 \text{ cm}^2$$

$$3fe\phi 10 = 2.35 \text{ cm}^2 \rightarrow 3fe\phi 10 @ 10$$

Tabla 7.x, Armaduras Superiores e Inferiores de la viga longitudinal , considerando los valores de momento para en conjunto estructural de vigas longitudinales y transversales como se indica en el anexo D de planos 1-B.

M_x^+	M_x^-	S_x	Armadura Inferior			A_{INF}	Armadura Superior			A_{SUP}	Valor
Ton-m	Ton-m	Ton	ρ_{sup}	ρ_{min}	ρ	cm ²	ρ_{inf}	ρ_{min}	ρ	cm ²	\$
2.023	-1.79	4.74	0.00101	0.0013	0.0013	1.74	0.000861	0.0011	0.0011	1.48	13.494

► **ARMADURA LONGITUDINAL**

- El área de la armadura inferior es de 1.74 cm^2 por tanto esta se distribuye de la siguiente manera :
- $3fe\phi 10 = 2.35 \text{ cm}^2 \rightarrow 3fe\phi 10 @ 18$
- El área de la armadura superior es de 1.48 cm^2 por tanto esta se distribuye de la siguiente manera:
- $2fe\phi 10 = 1.57 \text{ cm}^2 \rightarrow 2fe\phi 10 @ 36$

► **VERIFICACIÓN DEL CORTE**

$$\Phi V_C = 0.85 \times 0.53 \times b \times d \times \sqrt{f_c} \quad (\text{Kg}).$$

$$\Phi V_C = 0.85 \times 0.53 \times 30 \times 43 \times \sqrt{250} = 9.189 \text{ kg} \rightarrow 9.2 \text{ ton}$$

Verificación = si ($V_U < \Phi V_C$, entonces no requiere armaduras, si no requiere)

Verificación = si ($4.74 < 9.2$, entonces no requiere armaduras)

Nota:

Si la fundación no requiere de armaduras, entonces se colocaran armaduras mínimas.

► **ARMADURAS MÍNIMAS AL CORTE**

A_v = área de armadura por corte (mm^2)

b_w = ancho del alma (mm)

s = separación de las armaduras (mm)

f_y = tensión de fluencia específica de las armaduras (Mpa)

$$A_v = \frac{b_w \times s}{3 \times f_y}$$

$$A_v = \frac{300 \times 200}{3 \times 420} = 47.61 \text{ mm}^2 \rightarrow 0.47 \text{ cm}^2$$

$$\text{Estribos } \phi 8 = 1 \text{ cm}^2 \rightarrow E\phi 8 @ 20$$

7.8. CUBICACIONES

7.8.1. CUBICACIONES FUNDACIONES CON SUELO EXISTENTE

CARRO TRASPASO DE ACERO
CUBICACIONES
DISEÑO DE VIGA DE FUNDACIÓN CON SUELO EXISTENTE

Vigas de Fundación (1 Fundación)
Hormigones

b=	1 m	V_{H30}=	151.2 m ³
h=	1.2 m	V_{H5}=	6.3 m ³
L=	126 m		

Armaduras	Cantidad	Díametro	Peso/m	Longitud	Peso Total
		mm	kg/m	m	kg
Superiores	6	φ 16	1.580	127	1204
Coronamiento	6	φ 10	0.620	127	472
Inferiores	7	φ 18	1.990	127	1769
Piel	8	φ 16	1.580	127	1605
Estribos	631	φ 10	0.620	3.74	1463
Estribos Coron.	1261	φ 10	0.620	1.2	938
					7452

Insertos

Plancha	Ancho	Espesor	Largo	Peso Total
	mm	mm	m	kg
Ala	30	20	126	593
Alma	150	22	126	3264
				3857

Viga de Fundación (1 viga)
Hormigones

b=	0.5 m	V_{H30}=	1.6 m ³
h=	0.8 m	V_{H5}=	0.1 m ³
L=	4 m		

Armaduras	Cantidad	Díametro	Peso/m	Longitud	Peso Total
		mm	kg/m	m	kg
Superiores	2	φ 18	1.990	6	24
Inferiores	3	φ 18	1.990	6	36
	1	φ 10	0.620	6	4
Estribos	19	φ 8	0.395	2.6	20
					83

Resumen

Elemento	Cantidad	H ₃₀	H ₅	A63-42H	ASTM A36
		m ³	m ³	kg	kg
Vigas Longitudinales	2	302.4	12.6	14904	7714
Vigas Transversales	26	41.6	2.6	2156	

Movimiento de Tierra	Cantidad	Ancho	Espesor	Largo	Volumen
		mm	mm	m	m ³
Excavaciones					
Excav. Vigas Long.	2	2	1.1	128	563
Excav. Vigas Transv.	26	1.4	0.8	4	116
					680

Rellenos (Volumen Excavado-Volumen de Hormigón)	336
---	------------

7.8.2. CUBICACIONES FUNDACIONES CON SUELO MEJORADO

CARRO TRASPASO DE ACERO
CUBICACIONES
DISEÑO DE VIGA DE FUNDACIÓN CON SUELO MEJORADO

Fundación (1 Fundación)
Hormigones

b=	1 m	V_{H30}=	63 m ³
h=	0.5 m	V_{H5}=	6.3 m ³
L=	126 m		

Armaduras	Cantidad	Díametro	Peso/m	Longitud	Peso Total
		mm	kg/m	m	kg
Superiores	6	φ 12	0.888	127	677
Coronamiento	6	φ 10	0.620	127	472
Inferiores	7	φ 18	1.990	127	1769
Piel	8	φ 12	0.888	127	902
Estribos	631	φ 10	0.620	2.89	1131
Estribos Coron.	1261	φ 10	0.620	0.8	625
					5576

Insertos

Plancha	Ancho	Espesor	Largo	Peso Total
	mm	mm	m	kg
Ala	30	20	126	593
Alma	150	22	126	3264
				3857

Viga de Fundación (1 viga)
Hormigones

b=	0.3 m	V_{H30}=	0.6 m ³
h=	0.5 m	V_{H5}=	0.1 m ³
L=	4 m		

Armaduras	Cantidad	Díametro	Peso/m	Longitud	Peso Total
		mm	kg/m	m	kg
Superiores	2	φ 10	1.990	6	24
Inferiores	3	φ 10	1.990	6	36
Estribos	19	φ 8	0.395	1.6	12
					72

Resumen

Elemento	Cantidad	H ₃₀	H ₅	A63-42H	ASTM A36
		m ³	m ³	kg	kg
Fundación	2	126	12.6	11153	7714
Viga Fund.	26	15.6	1.56	1864	

Movimiento de Tierra	Cantidad	Ancho	Espesor	Largo	Volumen
		mm	mm	m	m ³
Excavaciones					
Excavaciones	1	7	1.3	128	1165
Mejoramiento de suelo	1	7	0.8	128	717
Rellenos (Volumen Excavado-Volumen de Hormigón)					306

7.9. EVALUACIÓN ECONOMICA**7.9.1. PRESUPUESTO FUNDACIONES CON SUELO EXISTENTE****CARRO TRASPASO DE ACERO****PRESUPUESTO****DISEÑO DE VIGA DE FUNDACIÓN CON SUELO EXISTENTE
CARRO CON CUCHARA LLENA**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total US\$
1	MEJORAMIENTO DE SUELO				
1.1	Excavaciones	m ³	680	3.2	2176
1.3	Suministro y colocacion de relleno con suelo existente	m ³	336	8	2688
2	VIGAS LONGITUDINALES				
2.1	HORMIGONES				
2.1.1	Suministro y colocación de hormigón H ₃₀	m ³	302.4	180	54432
2.1.2	Suministro y colocación de acero de refuerzo A63-42H	Kg	14904	0.8	11923.2
2.1.3	Suministro y colocación de emplantillado, hormigón H ₅	m ³	12.6	55	693
2.1.4	Suministro y colocación de insertos, acero ASTM A36	Kg	7715	3	23145
3	VIGAS TRANSVERSALES				
3.1	HORMIGONES				
3.1.1	Suministro y colocación de hormigón H ₃₀	m ³	41.6	180	7488
3.1.2	Suministro y colocación de acero de refuerzo A63-42H	Kg	2156	0.8	1724.8
3.1.3	Suministro y colocación de emplantillado, hormigón H ₅	m ³	2.6	55	143
				TOTAL	99549

7.9.2. PRESUPUESTO FUNDACIONES CON SUELO MEJORADO**CARRO TRASPASO DE ACERO****PRESUPUESTO****DISEÑO DE VIGA DE FUNDACIÓN CON SUELO MEJORADO
CARRO CON CUCHARA LLENA**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total US\$
1	MEJORAMIENTO DE SUELO				
1.1	Excavaciones	m ³	1165	3.2	3728
1.2	Suministro y colocación de escoria de vanadio	m ³	717	8	5736
1.3	Suministro y colocación de relleno con suelo existente	m ³	306	8	2448
2	VIGAS LONGITUDINALES				
2.1	HORMIGONES				
2.1.1	Suministro y colocación de hormigón H ₃₀	m ³	126	180	22680
2.1.2	Suministro y colocación de acero de refuerzo A63-42H	Kg	11153	0.8	8922.4
2.1.3	Suministro y colocación de emplantillado, hormigón H ₅	m ³	12.6	55	693
2.1.4	Suministro y colocación de insertos, acero ASTM A36	Kg	7715	3	23145
3	VIGAS TRANSVERSALES				
3.1	HORMIGONES				
3.1.1	Suministro y colocación de hormigón H ₃₀	m ³	15.6	180	2808
3.1.2	Suministro y colocación de acero de refuerzo A63-42H	Kg	1864	0.8	1491.2
3.1.3	Suministro y colocación de emplantillado, hormigón H ₅	m ³	1.56	55	85.8
				TOTAL	59825

7.9.3. PRESUPUESTO LOSA DE FUNDACIÓN CON DISEÑO EXISTENTE**CARRO TRASPASO DE ACERO****PRESUPUESTO****LOSA DE FUNDACIÓN CON DISEÑO EXISTENTE
CARRO CON CUCHARA LLENA**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	Total US\$
1	MEJORAMIENTO DE SUELO				
1.1	Excavaciones	m ³	938	3.2	3001.6
1.3	Suministro y colocación de relleno con suelo existente	m ³	250	8	2000
2	VIGAS LONGITUDINALES				
2.1	HORMIGONES				
2.1.1	Suministro y colocación de hormigón H ₃₀	m ³	758.5	180	136530
2.1.2	Suministro y colocación de acero de refuerzo A63-42H	Kg	80000	0.8	64000
2.1.3	Suministro y colocación de emplantillado, hormigón H ₅	m ³	46	55	2530
2.1.4	Suministro y colocación de insertos, acero ASTM A36	Kg	7715	3	23145
3	VIGAS TRANSVERSALES				
3.1	HORMIGONES				
3.1.1	Fabricación vigas de acero	Kg	10000	1.5	15000
3.1.2	Montaje vigas de acero	Kg	10000	0.5	5000
			TOTAL		246205

7.9.4. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS DE FUNDACIÓN

	Losa de Fundacion en Suelo Existente	Viga de Fundacion con Suelo Existente	Viga de Fundacion con Suelo Mejorado
Valor US	246.205	99.549	59.825
% Respecto Valor mas Alto		40.4	24,3
Ahorro Respecto del Presupuesto Presedente		146.656	39.724

Como se aprecia en el cuadro comparativo la alternativa mas barata es aquella donde se reemplaza el suelo de fundación por otro de mejor calidad siendo importante el ahorro por este concepto (39.724 dólares), lo que nos permitirá realizar ensayos de placa de carga con el objeto de contar con valores mas confiables para la elección del tipo de suelo a suministrar.

7.10. CONCLUSIONES

- ▶ Del estudio de la interacción suelo estructura, el cual a sido analizado en detalle en la presente memoria, se desprende que, tanto las ecuaciones que gobiernan el comportamiento de una viga en lecho elástico como las relaciones y modelos analizados, que existen variables importantes e influyentes en la respuesta general del sistema estructural como son el coeficiente de balastos o característica del lecho y la rigidez flexional de la fundación determinada por su inercia cuya variable mas significativa es la altura o peralte de la viga.
- ▶ La variación del coeficiente de balastos en la práctica se logra mejorando el suelo, a través de la compactación o sustituyéndolo por otro de una mejor capacidad de soporte. Como esta variable es muy sensible en ciertos rangos , como se pudo observar al desarrollar las ecuaciones constitutivas del modelo es imprescindible contar con valores confiables de este coeficiente , que solo se logran al realizar ensayos de placa de carga para determinar las características portantes y de deformación del terreno sobre el que se quiere cimentar.
- ▶ Un diseño óptimo desde el punto de vista técnico-económico implica un análisis exhaustivo de modo de compatibilizar las deformaciones admisibles del suelo con la rigidez longitudinal de la viga, estas dos variables definen la interacción del suelo con la estructura.
- ▶ El Hundimiento de una viga en lecho elástico es posible controlarlo eficientemente aumentando la rigidez longitudinal flexional a través del aumento de su altura.

- ▶ Los Momentos flectores son controlados eficientemente mejorando el suelo de fundación, esto se explica porque la longitud elástica aumenta, al mejorar el suelo de fundación, permitiendo con esto que la viga reparta las cargas sobre una superficie mas grande, disminuyendo los momentos flectores .
- ▶ Para realizar un adecuado diseño de fundaciones usando las teorías de una viga que flota en la elasticidad del terreno, se debe tener presente, que un control de los momentos flectores, logrado a través del conocimiento de las características elásticas del suelo y por otra parte el control del hundiendo obtenido por la rigidez longitudinal de la viga determinaran la geometría y las armaduras adecuadas para resistir los esfuerzos provocados por las cargas de modo que cumpla las restricciones impuestas al diseño.
- ▶ Es interesante analizar el desempeño del programa SAP2000 desde el punto de vista numérico, ya que en la actualidad con mayor frecuencia se plantean el uso de este tipo de soluciones apoyados en la capacidad de los ordenadores de ultima generación para resolver problemas complejos. Por lo anterior un criterio importante a tomar en cuenta es el análisis es la discretización de los elementos continuos, ya que en la modelación se a planteado una discretización de los elementos unidimensionales (viga de fundación) a partir de la colocación de apoyos elásticos puntuales cada 50 centímetros, para simular así el lecho elástico. A razón de verificar la incidencia de esta discretización se desarrollaron modelos con apoyos elásticos puntuales a mayores y memores distancias obteniéndose los siguientes resultados.

Distancia	Momentos	Hundimient	Corte
m	Kg-m	mm	Kg
1.00	29.310	1.83	26.308
0.70	30.559	1.86	29.672
0.50	30.879	1.83	32.133
0.20	30.307	1.83	35.651
0.10		1.83	

De lo anterior se desprende que a menor distancia entre los resortes mayor es el grado de exactitud de la solución, por tanto una regla para decidir el grado de alejamiento o cercanía entre estos, va a depender del criterio del evaluador, costos de la solución y grado de exactitud requerido.

Lo anterior se explica teóricamente debido a que las ecuaciones constitutivas del fenómeno consideran una solución por intermedio de los trabajos virtuales (enfoque de Galerkin) en donde los desplazamientos nódales y fuerzas externas e internas son las variables fundamentales en el equilibrio. La función de forma es la encargada de recoger los desplazamientos a través del elemento. Estas funciones pueden ser lineales, de segundo o tercer orden, etc. El ajuste de estas funciones a la curva real de desplazamiento marcará la exactitud de la interpolación pudiendo quedar fuera de la evaluación puntos mínimos o máximos de dichos desplazamientos, por ende entregando valores aproximados de energía lo que repercutirá finalmente en la solución.

► Al establecer una comparación entre el método analítico y los valores entregados por el programa SAP2000 (método numérico), cuando se evalúan una fuerza de 76 toneladas aplicadas en el centro de la viga para dos distintos tipos de suelo , se observan las siguientes diferencias:

- Para una viga en suelo existente:

Metodos	b	h	C	L	I _x	λ	Y _x	M _x ⁺	M _x ⁻	S _x	λ L
	cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
Método Analítico	100	110	5.00	12600	11091667	0.00262	1.99	72.49	-15.06	38.00	33.03
Método Numérico	100	110	5.00	12600	11091667	0.00262	1.26	59.8	-12.58	35.28	

- Para una viga en suelo Mejorado:

Metodos	b	h	C	L	I _x	λ	Y _x	M _x ⁺	M _x ⁻	S _x	λ L
	cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
Método Analítico	100	110	12.80	12600	1041667	0.01000	1.78	31.72	-6.59	38.00	75.46
Método Numérico	100	110	12.80	12600	1041667	0.01000	1.26	25.66	-5.39	30.92	

Los resultados obtenidos ratifican lo anteriormente analizado.

► Los diseños realizados nos entregan como resultado, al evaluar económicamente el proyecto como conjunto y comparándolo uno respecto del otro que:

- Al mejorar el suelo, disminuye un 40% del costo de la fundación alcanzando para esta evaluación un valor de US 39.724 dólares.

- Al considerar la posibilidad de implementar una solución igual a la existente, las diferencias son mayores al comparar el costo de esta con la solución de una viga de fundación en suelo mejorado que representa un 24% respecto del valor de una losa de fundación, lo que constituye un ahorro de 186.380 dólares

- ▶ Para desarrollar proyectos en nuestra región que consideren las teorías expuestas en esta memoria, se hace imprescindible contar con estudios de suelos que entreguen para los distintos tipos de sustratos existentes, valores confiables para el diseñador de modo de poder caracterizar y correlacionarlos con el Coeficiente de Balastos, lo anterior nos abre nuevas puertas en el desarrollo de líneas de investigación de modo de caracterizar perfectamente un suelo de modo de poder desarrollar proyectos de menor costo utilizando estas técnicas de diseño.

ANEXO A
TABLAS 1-20

ANEXO B
TABLAS 1-20

ANEXO C
TABLAS 1-8

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm $C = 1 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.001546451 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	1	12600	2.01E+07	0.002	5.202	119.63	-24.85	37.00	19.49

λx	A	B	C	D	Y_x			λx	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0067	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	5.2017	119.63	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0073	0.03	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	5.1531	96.90	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0079	0.05	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	5.0200	76.53	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0084	0.08	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	4.8202	58.48	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0089	0.10	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	4.5694	42.63	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0093	0.14	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	4.2813	28.89	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0096	0.17	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	3.9680	17.12	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0097	0.22	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	3.6397	7.17	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0096	0.26	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	3.3051	-1.11	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0093	0.31	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	2.9712	-7.87	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0088	0.37	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	2.6442	-13.25	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0079	0.43	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	2.3285	-17.43	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0066	0.49	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	2.0280	-20.53	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0049	0.55	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	1.7452	-22.69	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0028	0.62	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	1.4821	-24.06	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0001	0.69	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	1.2398	-24.74	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0032	0.76	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	1.0191	-24.85	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0072	0.83	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.8199	-24.49	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0119	0.89	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.6420	-23.75	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0174	0.95	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.4847	-22.72	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0237	1.00	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.3472	-21.46	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0308	1.04	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.2283	-20.04	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0389	1.07	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.1268	-18.52	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0479	1.07	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0414	-16.94	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0578	1.06	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0292	-15.33	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0687	1.02	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0865	-13.74	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0804	0.95	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.1319	-12.19	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0930	0.84	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.1666	-10.70	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.1062	0.68	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.1921	-9.29	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.1201	0.48	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.2094	-7.97	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.1344	0.23	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.2198	-6.74	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.1489	-0.09	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.2244	-5.61	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.1632	-0.48	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.2240	-4.58	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.1772	-0.94	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.2197	-3.66	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.1904	-1.48	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.2122	-2.84	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.2022	-2.12	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.2022	-2.12	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.2122	-2.84	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.1904	-1.48	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.2197	-3.66	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.1772	-0.94	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.2240	-4.58	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.1632	-0.48	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.2244	-5.61	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.1489	0.09	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.2198	-6.74	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.1344	0.23	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.2094	-7.97	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.1201	0.48	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.1921	-9.29	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.1062	0.88	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.1666	-10.70	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0930	0.84	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.1319	-12.19	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0804	0.95	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0865	-13.74	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0687	1.02	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0292	-15.33	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0578	1.06	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0414	-16.94	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0479	1.07	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.1268	-18.52	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0389	1.07	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.2283	-20.04	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0308	1.04	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.3472	-21.46	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0237	1.00	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.4847	-22.72	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0174	0.95	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.6420	-23.75	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0119	0.89	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.8199	-24.49	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0072	0.83	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	1.0191	-24.85	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0032	0.76	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	1.2398	-24.74	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0001	0.69	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	1.4821	-24.06	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0028	0.62	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	1.7452	-22.69	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0049	0.55	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm $C= 2 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda= 0.00183905 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	2	12600	2.01E+07	0.002	3.093	100.60	-20.89	37.00	23.17

λx	A	B	C	D	Y_x			λx	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0040	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	3.0929	100.60	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0043	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	3.0640	81.48	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0047	0.04	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	2.9849	64.36	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0050	0.06	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	2.8661	49.17	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0053	0.09	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	2.7170	35.85	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0055	0.12	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	2.5457	24.29	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0057	0.15	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	2.3594	14.39	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0058	0.18	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	2.1642	6.03	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0057	0.22	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	1.9652	-0.93	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0056	0.26	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	1.7667	-6.61	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0052	0.31	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	1.5722	-11.15	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0047	0.36	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	1.3845	-14.65	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0039	0.41	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	1.2058	-17.26	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0029	0.47	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	1.0377	-19.08	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0017	0.52	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.8812	-20.23	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.58	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.7372	-20.80	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0019	0.64	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.6060	-20.89	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0043	0.70	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.4875	-20.59	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0071	0.75	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.3817	-19.97	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0103	0.80	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.2882	-19.10	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0141	0.84	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.2064	-18.04	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0183	0.88	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.1357	-16.85	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0231	0.90	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0754	-15.57	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0285	0.90	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0246	-14.24	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0344	0.89	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0174	-12.89	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0408	0.86	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0515	-11.56	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0478	0.80	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0784	-10.25	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0553	0.70	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0991	-9.00	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0632	0.58	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.1142	-7.81	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0714	0.41	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.1245	-6.70	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0799	0.19	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.1307	-5.67	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0885	-0.08	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.1334	-4.72	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0971	-0.40	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.1332	-3.85	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.1054	-0.79	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.1306	-3.08	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.1132	-1.25	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.1262	-2.39	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.1202	-1.78	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.1202	-1.78	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.1262	-2.39	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.1132	-1.25	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.1306	-3.08	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.1054	-0.79	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.1332	-3.85	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0971	-0.40	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.1334	-4.72	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0885	-0.08	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.1307	-5.67	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0799	0.19	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.1245	-6.70	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0714	0.41	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.1142	-7.81	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0632	0.58	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0991	-9.00	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0553	0.70	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0784	-10.25	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0478	0.80	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0515	-11.56	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0408	0.86	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0174	-12.89	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0344	0.89	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0246	-14.24	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0285	0.90	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0754	-15.57	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0231	0.90	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.1357	-16.85	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0183	0.88	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.2064	-18.04	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0141	0.84	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.2882	-19.10	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0103	0.80	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.3817	-19.97	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0071	0.75	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.4875	-20.59	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0043	0.70	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.6060	-20.89	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0019	0.64	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.7372	-20.80	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.58	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.8812	-20.23	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0017	0.52	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	1.0377	-19.08	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0029	0.47	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm $C= 3 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda= 0.002035243 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	3	12600	2.01E+07	0.002	2.282	90.90	-18.88	37.00	25.64

λx	A	B	C	D	Y_x			λx	A	B	C	D	Y_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0029	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	2.2819	90.90	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0032	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	2.2606	73.63	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0035	0.04	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	2.2022	58.15	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0037	0.06	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	2.1146	44.43	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0039	0.08	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	2.0045	32.39	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0041	0.10	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	1.8782	21.95	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0042	0.13	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	1.7407	13.00	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0043	0.16	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	1.5967	5.44	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0042	0.20	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	1.4499	-0.84	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0041	0.24	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	1.3035	-5.98	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0039	0.28	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	1.1600	-10.07	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0035	0.32	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	1.0215	-13.24	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0029	0.37	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.8896	-15.60	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0022	0.42	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.7656	-17.24	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0012	0.47	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.6502	-18.28	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.53	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.5439	-18.80	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0014	0.58	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.4471	-18.88	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0032	0.63	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.3597	-18.61	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0052	0.68	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.2816	-18.05	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0076	0.72	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.2126	-17.26	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0104	0.76	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.1523	-16.31	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0135	0.79	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.1001	-15.23	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0171	0.81	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0556	-14.07	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0210	0.82	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0182	-12.87	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0254	0.81	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0128	-11.65	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0301	0.77	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0380	-10.44	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0353	0.72	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0579	-9.27	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0408	0.64	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0731	-8.13	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0466	0.52	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0843	-7.06	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0527	0.37	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0919	-6.05	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0589	0.17	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0964	-5.12	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0653	-0.07	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0984	-4.26	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0716	-0.36	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0983	-3.48	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0777	-0.72	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0964	-2.78	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0835	-1.13	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0931	-2.16	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0887	-1.61	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0887	-1.61	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0931	-2.16	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0835	-1.13	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0964	-2.78	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0777	-0.72	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0983	-3.48	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0716	-0.36	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0984	-4.26	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0653	-0.07	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0964	-5.12	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0589	0.17	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0919	-6.05	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0527	0.37	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0843	-7.06	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0466	0.52	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0731	-8.13	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0408	0.64	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0579	-9.27	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0353	0.72	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0380	-10.44	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0301	0.77	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0128	-11.65	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0254	0.81	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0182	-12.87	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0210	0.82	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0556	-14.07	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0171	0.81	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.1001	-15.23	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0135	0.79	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.1523	-16.31	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0104	0.76	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.2126	-17.26	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0076	0.72	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.2816	-18.05	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0052	0.68	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.3597	-18.61	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0032	0.63	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.4471	-18.88	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0014	0.58	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.5439	-18.80	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.53	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.6502	-18.28	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0012	0.47	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.7656	-17.24	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0022	0.42	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= 4 kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda= 0.002187011 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	4	12600	2.01E+07	0.002	1.839	84.59	-17.57	37.00	27.56

λx	A	B	C	D	Y_x			λx	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0024	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.8391	84.59	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0026	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.8219	68.52	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0028	0.04	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.7748	54.12	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0030	0.05	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	1.7042	41.35	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0032	0.07	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	1.6155	30.15	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0033	0.10	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	1.5137	20.43	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0034	0.12	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	1.4029	12.10	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0034	0.15	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	1.2868	5.07	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0034	0.19	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	1.1685	-0.78	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0033	0.22	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	1.0505	-5.56	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0031	0.26	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.9349	-9.37	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0028	0.30	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.8233	-12.32	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0023	0.35	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.7170	-14.51	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0017	0.39	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.6170	-16.05	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0010	0.44	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.5240	-17.01	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.49	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.4384	-17.49	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0011	0.54	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.3603	-17.57	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0026	0.59	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.2899	-17.32	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0042	0.63	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.2270	-16.79	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0061	0.67	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.1714	-16.06	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0084	0.71	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.1227	-15.17	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0109	0.74	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0807	-14.17	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0138	0.75	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0448	-13.09	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0169	0.76	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0146	-11.97	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0204	0.75	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0103	-10.84	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0243	0.72	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0306	-9.72	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0284	0.67	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0466	-8.62	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0329	0.59	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0589	-7.57	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0376	0.48	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0679	-6.57	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0425	0.34	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0740	-5.63	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0475	0.16	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0777	-4.76	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0526	-0.07	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0793	-3.97	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0577	-0.34	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0792	-3.24	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0627	-0.67	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0777	-2.59	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0673	-1.05	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0750	-2.01	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0715	-1.50	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0715	-1.50	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0750	-2.01	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0673	-1.05	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0777	-2.59	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0627	-0.67	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0792	-3.24	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0577	-0.34	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0793	-3.97	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0526	-0.07	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0777	-4.76	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0475	0.16	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0740	-5.63	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0425	0.34	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0679	-6.57	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0376	0.48	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0589	-7.57	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0329	0.59	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0466	-8.62	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0284	0.67	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0306	-9.72	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0243	0.72	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0103	-10.84	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0204	0.75	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0146	-11.97	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0169	0.76	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0448	-13.09	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0138	0.75	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0807	-14.17	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0109	0.74	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.1227	-15.17	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0084	0.71	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.1714	-16.06	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0061	0.67	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.2270	-16.79	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0042	0.63	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.2899	-17.32	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0026	0.59	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.3603	-17.57	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0011	0.54	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.4384	-17.49	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.49	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.5240	-17.01	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0010	0.44	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.6170	-16.05	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0017	0.39	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas I_x= 20139166.67 cm⁴
 b= 110 cm E_{H30}= 238752 kg/cm²
 h= 130 cm C= 5 kg/cm³
 L= 126 m λ= 0.002312483 cm

b	h	C	L	I _x	λ	Y _x	M _x ⁺	M _x ⁻	S _x	λ L
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	5	12600	2.01E+07	0.002	1.556	80.00	-16.62	37.00	29.14

λx	A	B	C	D	Y _x			λx	A	B	C	D	M _x			S _x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton			
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0020	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.5557	80.00	-37.00			
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0022	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.5411	64.80	-33.31			
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0024	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.5013	51.18	-29.69			
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0025	0.05	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	1.4416	39.10	-26.19			
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0027	0.07	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	1.3666	28.51	-22.84			
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0028	0.09	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	1.2804	19.32	-19.69			
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0029	0.12	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	1.1867	11.45	-16.76			
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0029	0.14	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	1.0885	4.79	-14.05			
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0029	0.18	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.9884	-0.74	-11.58			
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0028	0.21	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.8886	-5.26	-9.35			
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0026	0.25	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.7908	-8.86	-7.35			
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0024	0.29	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.6964	-11.65	-5.59			
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0020	0.33	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.6065	-13.73	-4.04			
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0015	0.37	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.5219	-15.18	-2.70			
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0008	0.42	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.4432	-16.09	-1.55			
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.46	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.3708	-16.54	-0.58			
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0010	0.51	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.3048	-16.62	0.22			
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0022	0.55	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.2452	-16.38	0.87			
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0036	0.60	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1920	-15.88	1.39			
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0052	0.64	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.1450	-15.19	1.79			
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0071	0.67	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.1038	-14.35	2.08			
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0092	0.70	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0683	-13.40	2.29			
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0116	0.71	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0379	-12.38	2.41			
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0143	0.72	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0124	-11.33	2.47			
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0173	0.71	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0087	-10.25	2.48			
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0205	0.68	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0259	-9.19	2.43			
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0240	0.63	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0394	-8.15	2.35			
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0278	0.56	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0498	-7.16	2.25			
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0318	0.46	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0574	-6.21	2.12			
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0359	0.32	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0626	-5.33	1.98			
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0402	0.15	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0657	-4.51	1.82			
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0445	-0.06	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0671	-3.75	1.67			
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0488	-0.32	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0670	-3.07	1.51			
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0530	-0.63	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0657	-2.45	1.35			
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0569	-0.99	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0635	-1.90	1.19			
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0605	-1.41	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0605	-1.41	1.05			
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0635	-1.90	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0569	-0.99	0.91			
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0657	-2.45	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0530	-0.63	0.78			
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0670	-3.07	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0488	-0.32	0.65			
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0671	-3.75	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0445	-0.06	0.54			
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0657	-4.51	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0402	0.15	0.44			
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0626	-5.33	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0359	0.32	0.35			
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0574	-6.21	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0318	0.46	0.27			
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0498	-7.16	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0278	0.56	0.20			
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0394	-8.15	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0240	0.63	0.14			
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0259	-9.19	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0205	0.68	0.09			
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0087	-10.25	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0173	0.71	0.04			
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0124	-11.33	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0143	0.72	0.00			
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0379	-12.38	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0116	0.71	-0.03			
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0683	-13.40	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0092	0.70	-0.05			
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.1038	-14.35	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0071	0.67	-0.07			
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.1450	-15.19	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0052	0.64	-0.09			
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1920	-15.88	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0036	0.60	-0.10			
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.2452	-16.38	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0022	0.55	-0.10			
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.3048	-16.62	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0010	0.51	-0.11			
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.3708	-16.54	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.46	-0.11			
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.4432	-16.09	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0008	0.42	-0.11			
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.5219	-15.18	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0015	0.37	-0.10			

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas I_x= 20139166.67 cm⁴
 b= 110 cm E_{H30}= 238752 kg/cm²
 h= 130 cm C= 6 kg/cm³
 L= 126 m λ= 0.002420326 cm

b	h	C	L	I _x	λ	Y _x	M _x ⁺	M _x ⁻	S _x	λ L
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	6	12600	2.01E+07	0.002	1.357	76.44	-15.88	37.00	30.50

λx	A	B	C	D	Y _x			λx	A	B	C	D	M _x			S _x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton			
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0017	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.3568	76.44	-37.00			
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0019	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.3442	61.91	-33.31			
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0021	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.3095	48.90	-29.69			
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0022	0.05	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	1.2573	37.36	-26.19			
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0023	0.07	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	1.1919	27.24	-22.84			
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0024	0.09	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	1.1168	18.46	-19.69			
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0025	0.11	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	1.0351	10.94	-16.76			
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0025	0.14	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.9494	4.58	-14.05			
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0025	0.17	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.8621	-0.71	-11.58			
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0024	0.20	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.7750	-5.03	-9.35			
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0023	0.23	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.6897	-8.47	-7.35			
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0021	0.27	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.6074	-11.13	-5.59			
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0017	0.31	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.5290	-13.12	-4.04			
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0013	0.35	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.4552	-14.50	-2.70			
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0007	0.40	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.3866	-15.37	-1.55			
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.44	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.3234	-15.81	-0.58			
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0008	0.49	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.2658	-15.88	0.22			
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0019	0.53	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.2139	-15.65	0.87			
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0031	0.57	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1675	-15.18	1.39			
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0045	0.61	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.1264	-14.51	1.79			
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0062	0.64	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0906	-13.71	2.08			
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0080	0.67	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0595	-12.81	2.29			
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0101	0.68	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0331	-11.83	2.41			
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0125	0.69	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0108	-10.82	2.47			
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0151	0.68	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0076	-9.80	2.48			
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0179	0.65	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0226	-8.78	2.43			
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0210	0.60	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0344	-7.79	2.35			
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0242	0.53	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0435	-6.84	2.25			
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0277	0.44	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0501	-5.94	2.12			
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0313	0.31	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0546	-5.09	1.98			
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0351	0.14	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0573	-4.30	1.82			
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0388	-0.06	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0585	-3.58	1.67			
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0426	-0.31	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0584	-2.93	1.51			
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0462	-0.60	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0573	-2.34	1.35			
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0497	-0.95	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0554	-1.81	1.19			
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0527	-1.35	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0527	-1.35	1.05			
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0554	-1.81	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0497	-0.95	0.91			
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0573	-2.34	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0462	-0.60	0.78			
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0584	-2.93	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0426	-0.31	0.65			
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0585	-3.58	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0388	-0.06	0.54			
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0573	-4.30	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0351	0.14	0.44			
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0546	-5.09	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0313	0.31	0.35			
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0501	-5.94	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0277	0.44	0.27			
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0435	-6.84	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0242	0.53	0.20			
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0344	-7.79	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0210	0.60	0.14			
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0226	-8.78	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0179	0.65	0.09			
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0076	-9.80	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0151	0.68	0.04			
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0108	-10.82	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0125	0.69	0.00			
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0331	-11.83	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0101	0.68	-0.03			
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0595	-12.81	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0080	0.67	-0.05			
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0906	-13.71	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0062	0.64	-0.07			
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.1264	-14.51	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0045	0.61	-0.09			
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1675	-15.18	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0031	0.57	-0.10			
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.2139	-15.65	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0019	0.53	-0.10			
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.2658	-15.88	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0008	0.49	-0.11			
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.3234	-15.81	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.44	-0.11			
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.3866	-15.37	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0007	0.40	-0.11			
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.4552	-14.50	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0013	0.35	-0.10			

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm $C= 7 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda= 0.00251542 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	7	12600	2.01E+07	0.003	1.209	73.55	-15.28	37.00	31.69

λx	A	B	C	D	Y_x			λx	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0016	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.2087	73.55	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0017	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.1974	59.57	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0018	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.1665	47.05	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0020	0.05	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	1.1201	35.95	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0021	0.06	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	1.0618	26.21	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0022	0.08	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.9948	17.76	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0022	0.11	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.9220	10.52	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0023	0.13	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.8458	4.41	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0022	0.16	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.7680	-0.68	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0022	0.19	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.6904	-4.84	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0020	0.23	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.6144	-8.15	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0018	0.26	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.5411	-10.71	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0015	0.30	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.4712	-12.62	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0011	0.34	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.4055	-13.95	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0006	0.38	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.3444	-14.79	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.43	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.2881	-15.21	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0008	0.47	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.2368	-15.28	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0017	0.51	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1905	-15.05	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0028	0.55	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1492	-14.60	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0040	0.58	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.1126	-13.97	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0055	0.62	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0807	-13.19	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0072	0.64	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0530	-12.32	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0090	0.66	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0295	-11.38	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0111	0.66	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0096	-10.41	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0134	0.65	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0068	-9.43	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0160	0.63	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0201	-8.45	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0187	0.58	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0306	-7.50	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0216	0.51	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0387	-6.58	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0247	0.42	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0446	-5.71	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0279	0.30	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0487	-4.90	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0312	0.14	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0511	-4.14	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0346	-0.06	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0521	-3.45	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0379	-0.29	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0521	-2.82	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0412	-0.58	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0511	-2.25	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0442	-0.91	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0493	-1.75	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0470	-1.30	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0470	-1.30	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0493	-1.75	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0442	-0.91	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0511	-2.25	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0412	-0.58	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0521	-2.82	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0379	-0.29	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0521	-3.45	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0346	-0.06	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0511	-4.14	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0312	0.14	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0487	-4.90	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0279	0.30	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0446	-5.71	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0247	0.42	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0387	-6.58	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0216	0.51	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0306	-7.50	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0187	0.58	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0201	-8.45	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0160	0.63	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0068	-9.43	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0134	0.65	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0096	-10.41	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0111	0.66	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0295	-11.38	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0090	0.66	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0530	-12.32	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0072	0.64	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0807	-13.19	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0055	0.62	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.1126	-13.97	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0040	0.58	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1492	-14.60	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0028	0.55	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1905	-15.05	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0017	0.51	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.2368	-15.28	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0008	0.47	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.2881	-15.21	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.43	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.3444	-14.79	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0006	0.38	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.4055	-13.95	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0011	0.34	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= 8 kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda= 0.002600809 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	8	12600	2.01E+07	0.003	1.094	71.13	-14.77	37.00	32.77

λx	A	B	C	D	Y_x			λx	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0014	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0935	71.13	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0015	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.0833	57.62	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0017	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.0553	45.51	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0018	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	1.0133	34.77	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0019	0.06	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.9606	25.35	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0020	0.08	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.9000	17.18	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0020	0.10	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.8342	10.18	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0020	0.13	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.7652	4.26	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0020	0.16	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.6948	-0.66	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0020	0.19	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.6246	-4.68	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0018	0.22	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.5559	-7.88	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0017	0.25	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.4895	-10.36	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0014	0.29	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.4263	-12.21	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0010	0.33	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.3669	-13.49	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0006	0.37	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.3116	-14.30	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.41	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.2606	-14.71	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0007	0.45	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.2142	-14.77	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0015	0.49	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1724	-14.56	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0025	0.53	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1350	-14.12	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0037	0.57	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.1019	-13.51	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0050	0.60	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0730	-12.76	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0065	0.62	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0480	-11.92	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0082	0.63	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0267	-11.01	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0101	0.64	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0087	-10.07	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0122	0.63	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0061	-9.12	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0144	0.61	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0182	-8.17	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0169	0.56	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0277	-7.25	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0195	0.50	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0350	-6.36	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0223	0.41	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0404	-5.52	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0252	0.29	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0440	-4.74	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0282	0.13	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0462	-4.01	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0313	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0472	-3.33	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0343	-0.29	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0471	-2.73	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0373	-0.56	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0462	-2.18	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0400	-0.88	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0446	-1.69	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0425	-1.26	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0425	-1.26	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0446	-1.69	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0400	-0.88	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0462	-2.18	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0373	-0.56	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0471	-2.73	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0343	-0.29	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0472	-3.33	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0313	-0.05	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0462	-4.01	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0282	0.13	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0440	-4.74	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0252	0.29	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0404	-5.52	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0223	0.41	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0350	-6.36	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0195	0.50	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0277	-7.25	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0169	0.56	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0182	-8.17	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0144	0.61	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0061	-9.12	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0122	0.63	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0087	-10.07	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0101	0.64	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0267	-11.01	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0082	0.63	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0480	-11.92	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0065	0.62	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0730	-12.76	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0050	0.60	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.1019	-13.51	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0037	0.57	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1350	-14.12	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0025	0.53	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1724	-14.56	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0015	0.49	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.2142	-14.77	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0007	0.45	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.2606	-14.71	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.41	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.3116	-14.30	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0006	0.37	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.3669	-13.49	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0010	0.33	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= g kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda= 0.002678531 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	9	12600	2.01E+07	0.003	1.001	69.07	-14.35	-69.07	33.75

λx	A	B	C	D	Y_x			λx	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0013	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0011	69.07	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0014	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.9917	55.94	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0015	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.9661	44.19	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0016	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.9276	33.76	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0017	0.06	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.8794	24.61	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0018	0.08	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.8239	16.68	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0018	0.10	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.7637	9.88	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0019	0.12	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.7005	4.14	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0019	0.15	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.6361	-0.64	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0018	0.18	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.5718	-4.54	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0017	0.21	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.5089	-7.65	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0015	0.25	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.4481	-10.06	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0013	0.28	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.3903	-11.85	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0010	0.32	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.3359	-13.10	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0005	0.36	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2852	-13.89	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.40	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.2386	-14.28	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0006	0.44	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1961	-14.35	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0014	0.48	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1578	-14.14	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0023	0.52	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1236	-13.71	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0033	0.55	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0933	-13.12	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0045	0.58	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0668	-12.39	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0059	0.60	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0439	-11.57	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0075	0.62	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0244	-10.69	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0092	0.62	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0080	-9.78	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0111	0.61	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0056	-8.85	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0132	0.59	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0167	-7.94	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0155	0.55	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0254	-7.04	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0179	0.48	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0321	-6.18	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0204	0.39	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0370	-5.36	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0231	0.28	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0403	-4.60	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0259	0.13	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0423	-3.89	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0286	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0432	-3.24	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0314	-0.28	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0431	-2.65	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0341	-0.54	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0423	-2.11	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0366	-0.86	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0408	-1.64	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0389	-1.22	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0389	-1.22	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0408	-1.64	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0366	-0.86	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0423	-2.11	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0341	-0.54	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0431	-2.65	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0314	-0.28	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0432	-3.24	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0286	-0.05	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0423	-3.89	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0259	0.13	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0403	-4.60	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0231	0.28	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0370	-5.36	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0204	0.39	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0321	-6.18	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0179	0.48	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0254	-7.04	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0155	0.55	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0167	-7.94	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0132	0.59	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0056	-8.85	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0111	0.61	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0080	-9.78	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0092	0.62	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0244	-10.69	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0075	0.62	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0439	-11.57	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0059	0.60	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0668	-12.39	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0046	0.58	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0933	-13.12	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0033	0.55	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1236	-13.71	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0023	0.52	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1578	-14.14	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0014	0.48	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1961	-14.35	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0006	0.44	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.2386	-14.28	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.40	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.2852	-13.89	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0005	0.36	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.3359	-13.10	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0010	0.32	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= 10 kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda = 0.002750021 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	10	12600	2.01E+07	0.003	0.925	67.27	-13.97	37.00	34.65

λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		
					mm	Ton-m	Ton	Ton	mm	Ton-m						Ton	Ton					
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0012	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.9250	67.27	-37.00							
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0013	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.9164	54.49	-33.31							
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0014	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.8927	43.04	-29.69							
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0015	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.8572	32.88	-26.19							
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0016	0.06	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.8126	23.97	-22.84							
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0017	0.08	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.7613	16.25	-19.69							
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0017	0.10	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.7056	9.62	-16.76							
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0017	0.12	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.6472	4.03	-14.05							
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0017	0.15	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.5877	-0.62	-11.58							
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0017	0.18	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.5284	-4.42	-9.35							
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0016	0.21	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.4702	-7.45	-7.35							
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0014	0.24	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.4141	-9.80	-5.59							
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0012	0.27	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.3606	-11.54	-4.04							
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0009	0.31	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.3103	-12.76	-2.70							
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0005	0.35	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2636	-13.53	-1.55							
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.39	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.2205	-13.91	-0.58							
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0006	0.43	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1812	-13.97	0.22							
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0013	0.47	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1458	-13.77	0.87							
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0021	0.50	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1142	-13.36	1.39							
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0031	0.53	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0862	-12.77	1.79							
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0042	0.56	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0617	-12.07	2.08							
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0055	0.59	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0406	-11.27	2.29							
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0069	0.60	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0225	-10.41	2.41							
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0085	0.60	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0074	-9.52	2.47							
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0103	0.60	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0052	-8.62	2.48							
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0122	0.57	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0154	-7.73	2.43							
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0143	0.53	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0235	-6.86	2.35							
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0165	0.47	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0296	-6.02	2.25							
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0189	0.38	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0342	-5.22	2.12							
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0214	0.27	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0372	-4.48	1.98							
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0239	0.13	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0391	-3.79	1.82							
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0265	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0399	-3.15	1.67							
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0290	-0.27	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0398	-2.58	1.51							
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0315	-0.53	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0391	-2.06	1.35							
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0338	-0.83	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0377	-1.60	1.19							
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0360	-1.19	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0360	-1.19	1.05							
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0377	-1.60	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0338	-0.83	0.91							
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0391	-2.06	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0315	-0.53	0.78							
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0398	-2.58	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0290	-0.27	0.65							
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0399	-3.15	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0285	-0.05	0.54							
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0483	-0.0391	-3.79	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0239	0.13	0.44							
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0372	-4.48	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0214	0.27	0.35							
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0342	-5.22	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0189	0.38	0.27							
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0296	-6.02	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0165	0.47	0.20							
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0235	-6.86	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0143	0.53	0.14							
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0154	-7.73	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0122	0.57	0.09							
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0052	-8.62	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0103	0.60	0.04							
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0074	-9.52	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0085	0.60	0.00							
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0225	-10.41	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0069	0.60	-0.03							
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0406	-11.27	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0055	0.59	-0.05							
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0617	-12.07	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0042	0.56	-0.07							
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0862	-12.77	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0031	0.53	-0.09							
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1142	-13.36	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0021	0.50	-0.10							
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1458	-13.77	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0013	0.47	-0.10							
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1812	-13.97	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0006	0.43	-0.11							
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.2205	-13.91	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.39	-0.11							
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.2636	-13.53	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0005	0.35	-0.11							
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.3103	-12.76	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0009	0.31</								

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= 11 kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda = 0.002816334 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	11	12600	2.01E+07	0.003	0.861	65.69	-13.64	37.00	35.49

λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		
					mm	Ton-m	Ton	Ton	mm	Ton-m						Ton						
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0011	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.8612	65.69	-37.00							
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0012	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.8531	53.21	-33.31							
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0013	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.8311	42.02	-29.69							
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0014	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.7980	32.11	-26.19							
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0015	0.06	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.7565	23.41	-22.84							
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0015	0.08	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.7088	15.86	-19.69							
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0016	0.10	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.6569	9.40	-16.76							
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0016	0.12	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.6026	3.93	-14.05							
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0016	0.14	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.5472	-0.61	-11.58							
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0015	0.17	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.4919	-4.32	-9.35							
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0015	0.20	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.4378	-7.28	-7.35							
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0013	0.23	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3855	-9.57	-5.59							
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0011	0.27	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.3357	-11.27	-4.04							
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0008	0.30	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2889	-12.46	-2.70							
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0005	0.34	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2454	-13.21	-1.55							
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.38	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.2053	-13.58	-0.58							
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0005	0.42	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1687	-13.64	0.22							
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0012	0.45	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1357	-13.45	0.87							
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0020	0.49	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1063	-13.04	1.39							
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0029	0.52	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0802	-12.47	1.79							
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0039	0.55	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0575	-11.78	2.08							
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0051	0.57	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0378	-11.00	2.29							
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0064	0.59	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0210	-10.17	2.41							
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0079	0.59	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0069	-9.30	2.47							
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0096	0.58	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0048	-8.42	2.48							
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0114	0.56	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0143	-7.55	2.43							
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0133	0.52	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0218	-6.70	2.35							
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0154	0.46	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0276	-5.88	2.25							
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0176	0.38	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0318	-5.10	2.12							
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0199	0.27	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0347	-4.37	1.98							
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0222	0.12	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0364	-3.70	1.82							
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0246	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0371	-3.08	1.67							
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0270	-0.26	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0371	-2.52	1.51							
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0293	-0.52	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0364	-2.01	1.35							
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0315	-0.82	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0351	-1.56	1.19							
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0335	-1.16	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0335	-1.16	1.05							
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0351	-1.56	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0315	-0.82	0.91							
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0364	-2.01	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0293	-0.52	0.78							
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0371	-2.52	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0270	-0.26	0.65							
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0371	-3.08	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0246	-0.05	0.54							
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0483	-0.0364	-3.70	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0222	0.12	0.44							
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0347	-4.37	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0199	0.27	0.35							
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0318	-5.10	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0176	0.38	0.27							
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0276	-5.88	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0154	0.46	0.20							
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0218	-6.70	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0133	0.52	0.14							
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0143	-7.55	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0114	0.56	0.09							
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0048	-8.42	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0096	0.58	0.04							
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0069	-9.30	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0079	0.59	0.00							
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0210	-10.17	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0064	0.59	-0.03							
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0378	-11.00	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0051	0.57	-0.05							
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0575	-11.78	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0039	0.55	-0.07							
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0802	-12.47	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0029	0.52	-0.09							
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1063	-13.04	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0020	0.49	-0.10							
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1357	-13.45	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0012	0.45	-0.10							
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1687	-13.64	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0005	0.42	-0.11							
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.2053	-13.58	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.38	-0.11							
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.2454	-13.21	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0005	0.34	-0.11							
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2889	-12.46	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0008	0.30	-0.1							

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= 12 kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda = 0.002878269 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	12	12600	2.01E+07	0.003	0.807	64.27	-13.35	37.00	36.27

λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		
					mm	Ton-m	Ton	Ton-m	Ton	mm						Ton-m	Ton					
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0010	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.8068	64.27	-37.00							
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0011	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.7992	52.06	-33.31							
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0012	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.7786	41.12	-29.69							
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0013	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.7476	31.42	-26.19							
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0014	0.06	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.7087	22.91	-22.84							
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0014	0.07	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.6640	15.52	-19.69							
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0015	0.09	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.6154	9.20	-16.76							
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0015	0.12	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.5645	3.85	-14.05							
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0015	0.14	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.5126	-0.60	-11.58							
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0014	0.17	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.4608	-4.23	-9.35							
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0014	0.20	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.4101	-7.12	-7.35							
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0012	0.23	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3612	-9.36	-5.59							
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0010	0.26	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.3145	-11.03	-4.04							
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0008	0.30	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2707	-12.19	-2.70							
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0004	0.33	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2299	-12.93	-1.55							
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.37	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1923	-13.29	-0.58							
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0005	0.41	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1581	-13.35	0.22							
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0011	0.44	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1272	-13.16	0.87							
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0018	0.48	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0996	-12.76	1.39							
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0027	0.51	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0752	-12.21	1.79							
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0037	0.54	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0538	-11.53	2.08							
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0048	0.56	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0354	-10.77	2.29							
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0060	0.57	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0197	-9.95	2.41							
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0074	0.58	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0064	-9.10	2.47							
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0090	0.57	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0045	-8.24	2.48							
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0107	0.55	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0134	-7.38	2.43							
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0125	0.51	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0205	-6.55	2.35							
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0144	0.45	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0258	-5.75	2.25							
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0165	0.37	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0298	-4.99	2.12							
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0186	0.26	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0325	-4.28	1.98							
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0208	0.12	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0341	-3.62	1.82							
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0231	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0348	-3.01	1.67							
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0253	-0.26	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0348	-2.46	1.51							
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0275	-0.51	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0341	-1.97	1.35							
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0295	-0.80	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0329	-1.53	1.19							
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0314	-1.14	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0314	-1.14	1.05							
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0329	-1.53	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0295	-0.80	0.91							
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0341	-1.97	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0275	-0.51	0.78							
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0348	-2.46	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0253	-0.26	0.65							
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0348	-3.01	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0231	-0.05	0.54							
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0483	-0.0341	-3.62	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0208	0.12	0.44							
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0325	-4.28	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0186	0.26	0.35							
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0298	-4.99	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0165	0.37	0.27							
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0258	-5.75	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0144	0.45	0.20							
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0205	-6.55	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0125	0.51	0.14							
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0134	-7.38	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0107	0.55	0.09							
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0045	-8.24	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0090	0.57	0.04							
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	-0.0045	-9.10	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0074	0.58	0.00							
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	-0.0197	-9.95	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0060	0.57	-0.03							
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	-0.0354	-10.77	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0048	0.56	-0.05							
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	-0.0538	-11.53	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0037	0.54	-0.07							
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	-0.0752	-12.21	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0027	0.51	-0.09							
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	-0.0996	-12.76	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0018	0.48	-0.10							
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	-0.1272	-13.16	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0011	0.44	-0.10							
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	-0.1581	-13.35	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0005	0.41	-0.11							
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	-0.1923	-13.29	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.37	-0.11							
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	-0.2299	-12.93	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0004	0.33	-0.11							
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	-0.2707	-12.19	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0008	0.30								

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= 13 kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda = 0.002936445 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	13	12600	2.01E+07	0.003	0.760	63.00	-13.09	37.00	37.00

λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x										
					mm	Ton-m	Ton	Ton	mm	Ton-m						Ton	mm	Ton-m	Ton											
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0010	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.7598	63.00	-37.00	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0010	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.7598	63.00	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0011	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.7527	51.03	-33.31	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0011	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.7527	51.03	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0012	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.7332	40.31	-29.69	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0012	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.7332	40.31	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0012	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.7041	30.80	-26.19	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0012	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.7041	30.80	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0013	0.05	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.6674	22.45	-22.84	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0013	0.05	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.6674	22.45	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0014	0.07	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.6253	15.21	-19.69	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0014	0.07	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.6253	15.21	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0014	0.09	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.5796	9.01	-16.76	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0014	0.09	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.5796	9.01	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0014	0.11	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.5316	3.77	-14.05	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0014	0.11	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.5316	3.77	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0014	0.14	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.4827	-0.58	-11.58	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0014	0.14	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.4827	-0.58	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0014	0.16	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.4340	-4.14	-9.35	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0014	0.16	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.4340	-4.14	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0013	0.19	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3862	-6.98	-7.35	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0013	0.19	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3862	-6.98	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0012	0.22	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3401	-9.18	-5.59	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0012	0.22	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3401	-9.18	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0010	0.26	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2962	-10.81	-4.04	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0010	0.26	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2962	-10.81	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0007	0.29	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2549	-11.95	-2.70	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0007	0.29	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2549	-11.95	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0004	0.33	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2165	-12.67	-1.55	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0004	0.33	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2165	-12.67	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.36	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1811	-13.03	-0.58	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.36	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1811	-13.03	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0005	0.40	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1489	-13.09	0.22	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0005	0.40	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1489	-13.09	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0011	0.44	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1198	-12.90	0.87	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0011	0.44	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1198	-12.90	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0017	0.47	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0938	-12.51	1.39	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0017	0.47	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0938	-12.51	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0025	0.50	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0708	-11.96	1.79	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0025	0.50	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0708	-11.96	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0035	0.53	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0507	-11.30	2.08	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0035	0.53	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0507	-11.30	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0045	0.55	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0333	-10.55	2.29	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0045	0.55	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0333	-10.55	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0057	0.56	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0185	-9.75	2.41	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0057	0.56	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0185	-9.75	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0070	0.57	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0061	-8.92	2.47	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0070	0.57	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0061	-8.92	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0084	0.56	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0043	-8.07	2.48	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0084	0.56	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0043	-8.07	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0100	0.54	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0126	-7.24	2.43	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0100	0.54	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0126	-7.24	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0117	0.50	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0193	-6.42	2.35	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0117	0.50	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0193	-6.42	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0136	0.44	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0243	-5.64	2.25	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0136	0.44	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0243	-5.64	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0155	0.36	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0281	-4.89	2.12	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0155	0.36	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0281	-4.89	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0175	0.25	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0306	-4.20	1.98	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0175	0.25	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0306	-4.20	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0196	0.12	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0321	-3.55	1.82	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0196	0.12	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0321	-3.55	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0217	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0328	-2.95	1.67	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0217	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0328	-2.95	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0238	-0.25	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0327	-2.41	1.51	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0238	-0.25	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0327	-2.41	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0259	-0.50	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0321	-1.93	1.35	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0259	-0.50	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0321	-1.93	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0278	-0.91	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0310	-1.50	1.19	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0278	-0.91	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0310	-1.50	1.19
-3.5	-																													

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= 14 kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda = 0.002991356 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	14	12600	2.01E+07	0.003	0.719	61.84	-12.85	37.00	37.69

λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x	
					mm	Ton-m	Ton	Ton	mm	Ton-m						Ton					
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0009	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.7187	61.84	-37.00	0.7187	61.84	-37.00	0.7187	61.84	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0010	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.7120	50.09	-33.31	0.7120	50.09	-33.31	0.7120	50.09	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0011	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.6936	39.57	-29.69	0.6936	39.57	-29.69	0.6936	39.57	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0012	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.6660	30.23	-26.19	0.6660	30.23	-26.19	0.6660	30.23	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0012	0.05	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.6313	22.04	-22.84	0.6313	22.04	-22.84	0.6313	22.04	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0013	0.07	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.5915	14.94	-19.69	0.5915	14.94	-19.69	0.5915	14.94	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0013	0.09	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.5483	8.85	-16.76	0.5483	8.85	-16.76	0.5483	8.85	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0013	0.11	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.5029	3.70	-14.05	0.5029	3.70	-14.05	0.5029	3.70	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0013	0.14	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.4566	-0.57	-11.58	0.4566	-0.57	-11.58	0.4566	-0.57	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0013	0.16	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.4105	-4.07	-9.35	0.4105	-4.07	-9.35	0.4105	-4.07	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0012	0.19	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3653	-6.85	-7.35	0.3653	-6.85	-7.35	0.3653	-6.85	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0011	0.22	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3217	-9.01	-5.59	0.3217	-9.01	-5.59	0.3217	-9.01	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0009	0.25	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2802	-10.61	-4.04	0.2802	-10.61	-4.04	0.2802	-10.61	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0007	0.29	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2411	-11.73	-2.70	0.2411	-11.73	-2.70	0.2411	-11.73	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0004	0.32	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2048	-12.44	-1.55	0.2048	-12.44	-1.55	0.2048	-12.44	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.36	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1713	-12.79	-0.58	0.1713	-12.79	-0.58	0.1713	-12.79	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.39	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1408	-12.85	0.22	0.1408	-12.85	0.22	0.1408	-12.85	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0010	0.43	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1133	-12.66	0.87	0.1133	-12.66	0.87	0.1133	-12.66	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0016	0.46	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0887	-12.28	1.39	0.0887	-12.28	1.39	0.0887	-12.28	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0024	0.49	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0670	-11.74	1.79	0.0670	-11.74	1.79	0.0670	-11.74	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0033	0.52	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0480	-11.09	2.08	0.0480	-11.09	2.08	0.0480	-11.09	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0043	0.54	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0315	-10.36	2.29	0.0315	-10.36	2.29	0.0315	-10.36	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0054	0.55	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0175	-9.57	2.41	0.0175	-9.57	2.41	0.0175	-9.57	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0066	0.56	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0057	-8.75	2.47	0.0057	-8.75	2.47	0.0057	-8.75	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0080	0.55	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0040	-7.93	2.48	-0.0040	-7.93	2.48	-0.0040	-7.93	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0095	0.53	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0120	-7.11	2.43	-0.0120	-7.11	2.43	-0.0120	-7.11	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0111	0.49	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0182	-6.30	2.35	-0.0182	-6.30	2.35	-0.0182	-6.30	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0128	0.43	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0230	-5.53	2.25	-0.0230	-5.53	2.25	-0.0230	-5.53	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0147	0.35	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0265	-4.80	2.12	-0.0265	-4.80	2.12	-0.0265	-4.80	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0166	0.25	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0289	-4.12	1.98	-0.0289	-4.12	1.98	-0.0289	-4.12	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0186	0.12	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0304	-3.48	1.82	-0.0304	-3.48	1.82	-0.0304	-3.48	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0206	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0310	-2.90	1.67	-0.0310	-2.90	1.67	-0.0310	-2.90	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0226	-0.25	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0310	-2.37	1.51	-0.0310	-2.37	1.51	-0.0310	-2.37	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0245	-0.49	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0304	-1.89	1.35	-0.0304	-1.89	1.35	-0.0304	-1.89	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0263	-0.77	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0293	-1.47	1.19	-0.0293	-1.47	1.19	-0.0293	-1.47	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0279	-1.09	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0279	-1.09	1.05	-0.0279	-1.09	1.05	-0.0279	-1.09	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0293	-1.47	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0263	-0.77	0.91	-0.0263	-0.77	0.91	-0.0263	-0.77	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0304	-1.89	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0245	-0.49	0.78	-0.0245	-0.49	0.78	-0.0245	-0.49	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0310	-2.37	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0226	-0.25	0.65	-0.0226	-0.25	0.65	-0.0226	-0.25	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0310	-2.90	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0206	-0.05	0.54	-0.0206	-0.05	0.54	-0.0206	-0.05	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0483	-0.0304	-3.48	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0186	0.12	0.44	-0.0186	0.12	0.44	-0.0186	0.12	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0289	-4.12	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0166	0.25	0.35	-0.0166	0.25	0.35	-0.0166	0.25	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0265	-4.80	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0147	0.35	0.27	-0.0147	0.35	0.27	-0.0147	0.35	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0230	-5.53	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0128	0.43	0.20	-0.0128	0.43	0.20	-0.0128	0.43	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0182	-6.30	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0111	0.49	0.14	-0.0111	0.49	0.14	-0.0111	0.49	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0120	-7.11	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0095	0.53	0.09	-0.0095	0.53	0.09	-0.0095	0.53	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0040	-7.93	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0080	0.55	0.04	-0.0080	0.55	0.04	-0.0080	0.55	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0057	-8.75	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0066	0.56	0.00	-0.0066	0.56	0.00	-0.0066	0.56	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0175	-9.57	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0054	0.55	-0.03	-0.0054	0.55	-0.03	-0.0054	0.55	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0315	-10.36	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0043	0.54	-0.05	-0.0043	0.54	-0.05	-0.0043</		

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= 15 kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda = 0.003043399 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	15	12600	2.01E+07	0.003	0.682	60.79	-12.63	37.00	38.35

λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x	
					mm	Ton-m	Ton	Ton-m	Ton	mm						Ton-m	Ton				
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0009	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.6825	60.79	-37.00	0.6825	60.79	-37.00	0.6825	60.79	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0010	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.6761	49.24	-33.31	0.6761	49.24	-33.31	0.6761	49.24	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0010	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.6586	38.89	-29.69	0.6586	38.89	-29.69	0.6586	38.89	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0011	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.6324	29.71	-26.19	0.6324	29.71	-26.19	0.6324	29.71	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0012	0.05	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.5995	21.66	-22.84	0.5995	21.66	-22.84	0.5995	21.66	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0012	0.07	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.5617	14.68	-19.69	0.5617	14.68	-19.69	0.5617	14.68	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0013	0.09	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.5206	8.70	-16.76	0.5206	8.70	-16.76	0.5206	8.70	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0013	0.11	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.4775	3.64	-14.05	0.4775	3.64	-14.05	0.4775	3.64	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0013	0.13	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.4336	-0.56	-11.58	0.4336	-0.56	-11.58	0.4336	-0.56	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0012	0.16	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3898	-4.00	-9.35	0.3898	-4.00	-9.35	0.3898	-4.00	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0012	0.19	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3469	-6.73	-7.35	0.3469	-6.73	-7.35	0.3469	-6.73	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0010	0.22	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3055	-8.85	-5.59	0.3055	-8.85	-5.59	0.3055	-8.85	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0009	0.25	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2661	-10.43	-4.04	0.2661	-10.43	-4.04	0.2661	-10.43	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0006	0.28	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2290	-11.53	-2.70	0.2290	-11.53	-2.70	0.2290	-11.53	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0004	0.32	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1944	-12.22	-1.55	0.1944	-12.22	-1.55	0.1944	-12.22	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.35	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1627	-12.57	-0.58	0.1627	-12.57	-0.58	0.1627	-12.57	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.39	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1337	-12.63	0.22	0.1337	-12.63	0.22	0.1337	-12.63	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0009	0.42	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1076	-12.44	0.87	0.1076	-12.44	0.87	0.1076	-12.44	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0016	0.45	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0842	-12.07	1.39	0.0842	-12.07	1.39	0.0842	-12.07	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0023	0.48	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0636	-11.54	1.79	0.0636	-11.54	1.79	0.0636	-11.54	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0031	0.51	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0455	-10.90	2.08	0.0455	-10.90	2.08	0.0455	-10.90	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0040	0.53	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0299	-10.18	2.29	0.0299	-10.18	2.29	0.0299	-10.18	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0051	0.54	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0166	-9.41	2.41	0.0166	-9.41	2.41	0.0166	-9.41	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0063	0.55	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0054	-8.61	2.47	0.0054	-8.61	2.47	0.0054	-8.61	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0076	0.54	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0038	-7.79	2.48	-0.0038	-7.79	2.48	-0.0038	-7.79	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0090	0.52	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0114	-6.98	2.43	-0.0114	-6.98	2.43	-0.0114	-6.98	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0105	0.48	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0173	-6.20	2.35	-0.0173	-6.20	2.35	-0.0173	-6.20	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0122	0.43	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0219	-5.44	2.25	-0.0219	-5.44	2.25	-0.0219	-5.44	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0139	0.35	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0252	-4.72	2.12	-0.0252	-4.72	2.12	-0.0252	-4.72	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0158	0.25	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0275	-4.05	1.98	-0.0275	-4.05	1.98	-0.0275	-4.05	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0176	0.11	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0288	-3.42	1.82	-0.0288	-3.42	1.82	-0.0288	-3.42	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0195	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0294	-2.85	1.67	-0.0294	-2.85	1.67	-0.0294	-2.85	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0214	-0.24	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0294	-2.33	1.51	-0.0294	-2.33	1.51	-0.0294	-2.33	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0232	-0.48	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0288	-1.86	1.35	-0.0288	-1.86	1.35	-0.0288	-1.86	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0250	-0.75	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0278	-1.44	1.19	-0.0278	-1.44	1.19	-0.0278	-1.44	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0265	-1.08	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0265	-1.08	1.05	-0.0265	-1.08	1.05	-0.0265	-1.08	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0278	-1.44	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0250	-0.75	0.91	-0.0250	-0.75	0.91	-0.0250	-0.75	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0288	-1.86	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0232	-0.48	0.78	-0.0232	-0.48	0.78	-0.0232	-0.48	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0294	-2.33	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0214	-0.24	0.65	-0.0214	-0.24	0.65	-0.0214	-0.24	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0294	-2.85	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0195	-0.05	0.54	-0.0195	-0.05	0.54	-0.0195	-0.05	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0483	-0.0288	-3.42	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0176	0.11	0.44	-0.0176	0.11	0.44	-0.0176	0.11	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0275	-4.05	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0158	0.25	0.35	-0.0158	0.25	0.35	-0.0158	0.25	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0252	-4.72	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0139	0.35	0.27	-0.0139	0.35	0.27	-0.0139	0.35	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0219	-5.44	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0122	0.43	0.20	-0.0122	0.43	0.20	-0.0122	0.43	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0173	-6.20	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0105	0.48	0.14	-0.0105	0.48	0.14	-0.0105	0.48	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0114	-6.98	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0090	0.52	0.09	-0.0023	0.52	0.09	-0.0023	0.52	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0038	-7.79	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0076	0.54	0.04	-0.0011	0.54	0.04	-0.0011	0.54	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0054	-8.61	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0063	0.55	0.00	-0.0001	0.55	0.00	-0.0001	0.55	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0166	-9.41	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0051	0.54	-0.03	0.0007	-0.0051	0.54	-0.0051	0.54	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0299	-10.18	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0040	0.53	-0.05	0.0014	-0.0040	0.53			

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas I_x= 20139166.67 cm⁴
 b= 110 cm E_{H30}= 238752 kg/cm²
 h= 130 cm C= 16 kg/cm³
 L= 126 m λ= 0.003092901 cm

b	h	C	L	I _x	λ	Y _x	M _x ⁺	M _x ⁻	S _x	λ L
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	16	12600	2.01E+07	0.003	0.650	59.81	-12.42	37.00	38.97

λx	A	B	C	D	Y _x		M _x		S _x		λx	A	B	C	D	Y _x		M _x		S _x		
					mm	Ton-m	Ton	Ton	mm	Ton-m						Ton						
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0008	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.6502	59.81	-37.00							
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0009	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.6441	48.45	-33.31							
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0010	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.6275	38.27	-29.69							
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0011	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.6025	29.24	-26.19							
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0011	0.05	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.5712	21.32	-22.84							
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0012	0.07	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.5352	14.44	-19.69							
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0012	0.09	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.4960	8.56	-16.76							
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0012	0.11	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.4550	3.58	-14.05							
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0012	0.13	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.4131	-0.55	-11.58							
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0012	0.16	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3714	-3.93	-9.35							
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0011	0.18	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3305	-6.63	-7.35							
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0010	0.21	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.2911	-8.71	-5.59							
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0008	0.24	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2535	-10.26	-4.04							
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0006	0.28	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2181	-11.35	-2.70							
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0003	0.31	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1853	-12.03	-1.55							
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.35	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1550	-12.37	-0.58							
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.38	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1274	-12.42	0.22							
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0009	0.41	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1025	-12.24	0.87							
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0015	0.45	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0802	-11.88	1.39							
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0022	0.48	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0606	-11.36	1.79							
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0030	0.50	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0434	-10.73	2.08							
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0039	0.52	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0285	-10.02	2.29							
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0049	0.53	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0158	-9.26	2.41							
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0060	0.54	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0052	-8.47	2.47							
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0072	0.53	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0037	-7.67	2.48							
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0086	0.51	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0108	-6.87	2.43							
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0100	0.47	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0165	-6.10	2.35							
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0116	0.42	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0208	-5.35	2.25							
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0133	0.34	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0240	-4.65	2.12							
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0150	0.24	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0262	-3.98	1.98							
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0168	0.11	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0275	-3.37	1.82							
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0186	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0280	-2.80	1.67							
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0204	-0.24	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0280	-2.29	1.51							
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0222	-0.47	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0275	-1.83	1.35							
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0238	-0.74	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0265	-1.42	1.19							
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0253	-1.06	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0253	-1.06	1.05							
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0265	-1.42	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0238	-0.74	0.91							
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0275	-1.83	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0222	-0.47	0.78							
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0280	-2.29	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0204	-0.24	0.65							
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0280	-2.80	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0186	-0.05	0.54							
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0483	-0.0275	-3.37	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0168	0.11	0.44							
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0262	-3.98	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0150	0.24	0.35							
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0240	-4.65	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0133	0.34	0.27							
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0208	-5.35	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0116	0.42	0.20							
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0165	-6.10	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0100	0.47	0.14							
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0108	-6.87	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0086	0.51	0.09							
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0037	-7.67	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0072	0.53	0.04							
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0052	-8.47	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0060	0.54	0.00							
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0158	-9.26	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0049	0.53	-0.03							
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0285	-10.02	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0039	0.52	-0.05							
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0434	-10.73	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0030	0.50	-0.07							
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0606	-11.36	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0022	0.48	-0.09							
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0802	-11.88	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0015	0.45	-0.10							
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1025	-12.24	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0009	0.41	-0.10							
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1274	-12.42	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0004	0.38	-0.11							
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1550	-12.37	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.35	-0.11							
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.1853	-12.03	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0003	0.31	-0.11							
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2181	-11.35	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0006	0.28	-0.10							

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= 17 kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda= 0.003140135 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	17	12600	2.01E+07	0.003	0.621	58.91	-12.24	37.00	39.57

λx	A	B	C	D	Y_x			λx	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0008	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.6213	58.91	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0009	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.6155	47.72	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0009	0.02	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.5996	37.69	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0010	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.5757	28.80	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0011	0.05	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.5458	21.00	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0011	0.07	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.5114	14.23	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0011	0.09	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.4740	8.43	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0012	0.11	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.4347	3.53	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0012	0.13	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.3948	-0.55	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0011	0.15	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3549	-3.87	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0010	0.18	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3158	-6.53	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0009	0.21	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.2781	-8.58	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0008	0.24	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2422	-10.11	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0006	0.27	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2085	-11.18	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0003	0.31	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1770	-11.85	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.34	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1481	-12.18	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.37	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1217	-12.24	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0009	0.41	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.0979	-12.06	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0014	0.44	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0767	-11.70	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0021	0.47	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0579	-11.19	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0028	0.49	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0415	-10.57	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0037	0.51	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0273	-9.87	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0046	0.53	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0151	-9.12	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0057	0.53	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0049	-8.34	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0069	0.52	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0035	-7.55	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0082	0.50	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0103	-6.77	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0096	0.47	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0158	-6.01	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0111	0.41	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0199	-5.27	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0127	0.34	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0229	-4.58	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0143	0.24	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0250	-3.92	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0161	0.11	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0263	-3.32	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0178	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0268	-2.76	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0195	-0.24	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0268	-2.26	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0212	-0.46	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0262	-1.80	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0227	-0.73	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0253	-1.40	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0242	-1.04	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0242	-1.04	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0253	-1.40	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0227	-0.73	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0262	-1.80	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0212	-0.46	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0268	-2.26	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0195	-0.24	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0268	-2.76	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0178	-0.05	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0263	-3.32	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0161	0.11	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0250	-3.92	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0143	0.24	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0229	-4.58	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0127	0.34	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0199	-5.27	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0111	0.41	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0158	-6.01	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0096	0.47	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0103	-6.77	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0082	0.50	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0035	-7.55	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0069	0.52	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0049	-8.34	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0057	0.53	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0151	-9.12	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0046	0.53	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0273	-9.87	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0037	0.51	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0415	-10.57	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0028	0.49	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0579	-11.19	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0021	0.47	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0767	-11.70	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0014	0.44	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.0979	-12.06	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0009	0.41	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1217	-12.24	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0004	0.37	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1481	-12.18	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.34	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.1770	-11.85	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0003	0.31	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2085	-11.18	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0006	0.27	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm $C = 18 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.003185328 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	18	12600	2.01E+07	0.003	0.595	58.08	-12.06	37.00	40.14

λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		
					mm	Ton-m	Ton	Ton	mm	Ton-m						Ton						
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0008	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.5952	58.08	-37.00							
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0008	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.5897	47.04	-33.31							
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0009	0.02	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.5744	37.16	-29.69							
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0010	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.5516	28.39	-26.19							
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0010	0.05	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.5229	20.70	-22.84							
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0011	0.07	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.4899	14.03	-19.69							
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0011	0.08	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.4541	8.31	-16.76							
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0011	0.10	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.4165	3.48	-14.05							
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0011	0.13	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.3782	-0.54	-11.58							
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0011	0.15	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3400	-3.82	-9.35							
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0010	0.18	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3026	-6.43	-7.35							
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0009	0.21	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.2665	-8.46	-5.59							
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0008	0.24	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2321	-9.97	-4.04							
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0006	0.27	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.1997	-11.02	-2.70							
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0003	0.30	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1696	-11.68	-1.55							
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.34	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1419	-12.01	-0.58							
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.37	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1166	-12.06	0.22							
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0008	0.40	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.0938	-11.89	0.87							
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0014	0.43	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0735	-11.53	1.39							
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0020	0.46	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0555	-11.03	1.79							
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0027	0.49	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0397	-10.42	2.08							
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0035	0.51	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0261	-9.73	2.29							
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0045	0.52	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0145	-8.99	2.41							
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0055	0.52	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0047	-8.22	2.47							
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0066	0.51	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0033	-7.44	2.48							
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0079	0.49	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0099	-6.67	2.43							
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0092	0.46	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0151	-5.92	2.35							
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0106	0.41	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0191	-5.20	2.25							
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0122	0.33	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0220	-4.51	2.12							
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0137	0.23	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0240	-3.87	1.98							
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0154	0.11	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0252	-3.27	1.82							
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0170	-0.04	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0257	-2.72	1.67							
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0187	-0.23	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0256	-2.23	1.51							
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0203	-0.46	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0251	-1.78	1.35							
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0218	-0.72	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0243	-1.38	1.19							
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0231	-1.03	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0231	-1.03	1.05							
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0243	-1.38	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0218	-0.72	0.91							
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0251	-1.78	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0203	-0.46	0.78							
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0256	-2.23	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0187	-0.23	0.65							
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0257	-2.72	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0170	-0.04	0.54							
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0252	-3.27	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0154	0.11	0.44							
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0240	-3.87	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0137	0.23	0.35							
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0220	-4.51	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0122	0.33	0.27							
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0191	-5.20	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0106	0.41	0.20							
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0151	-5.92	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0092	0.46	0.14							
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0099	-6.67	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0079	0.49	0.09							
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0033	-7.44	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0066	0.51	0.04							
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0047	-8.22	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0055	0.52	0.00							
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0145	-8.99	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0045	0.52	-0.03							
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0261	-9.73	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0035	0.51	-0.05							
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0397	-10.42	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0027	0.49	-0.07							
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0555	-11.03	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0020	0.46	-0.09							
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0735	-11.53	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0014	0.43	-0.10							
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.0938	-11.89	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0008	0.40	-0.10							
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1166	-12.06	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0004	0.37	-0.11							
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1419	-12.01	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.34	-0.11							
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.1696	-11.68	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0003	0.30	-0.11							
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.1997	-11.02	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0006	0.27	-0.10							

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= 19 kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda = 0.003228676 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	19	12600	2.01E+07	0.003	0.572	57.30	-11.90	37.00	40.68

λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		
					mm	Ton-m	Ton	Ton-m	Ton	mm						Ton-m	Ton					
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0007	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.5716	57.30	-37.00	0.5716	57.30	-37.00	0.5716	57.30	-37.00	
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0008	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.5662	46.41	-33.31	0.5662	46.41	-33.31	0.5662	46.41	-33.31	
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0009	0.02	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.5516	36.66	-29.69	0.5516	36.66	-29.69	0.5516	36.66	-29.69	
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0009	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.5297	28.01	-26.19	0.5297	28.01	-26.19	0.5297	28.01	-26.19	
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0010	0.05	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.5021	20.42	-22.84	0.5021	20.42	-22.84	0.5021	20.42	-22.84	
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0010	0.07	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.4705	13.84	-19.69	0.4705	13.84	-19.69	0.4705	13.84	-19.69	
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0011	0.08	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.4360	8.20	-16.76	0.4360	8.20	-16.76	0.4360	8.20	-16.76	
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0011	0.10	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.3999	3.43	-14.05	0.3999	3.43	-14.05	0.3999	3.43	-14.05	
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0011	0.13	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.3632	-0.53	-11.58	0.3632	-0.53	-11.58	0.3632	-0.53	-11.58	
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0010	0.15	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3265	-3.77	-9.35	0.3265	-3.77	-9.35	0.3265	-3.77	-9.35	
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0010	0.18	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.2906	-6.35	-7.35	0.2906	-6.35	-7.35	0.2906	-6.35	-7.35	
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0009	0.20	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.2559	-8.35	-5.59	0.2559	-8.35	-5.59	0.2559	-8.35	-5.59	
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0007	0.23	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2228	-9.83	-4.04	0.2228	-9.83	-4.04	0.2228	-9.83	-4.04	
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0005	0.27	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.1918	-10.87	-2.70	0.1918	-10.87	-2.70	0.1918	-10.87	-2.70	
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0003	0.30	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1629	-11.52	-1.55	0.1629	-11.52	-1.55	0.1629	-11.52	-1.55	
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.33	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1362	-11.85	-0.58	0.1362	-11.85	-0.58	0.1362	-11.85	-0.58	
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.36	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1120	-11.90	0.22	0.1120	-11.90	0.22	0.1120	-11.90	0.22	
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0008	0.40	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.0901	-11.73	0.87	0.0901	-11.73	0.87	0.0901	-11.73	0.87	
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0013	0.43	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0705	-11.38	1.39	0.0705	-11.38	1.39	0.0705	-11.38	1.39	
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0019	0.46	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0533	-10.88	1.79	0.0533	-10.88	1.79	0.0533	-10.88	1.79	
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0026	0.48	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0381	-10.28	2.08	0.0381	-10.28	2.08	0.0381	-10.28	2.08	
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0034	0.50	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0251	-9.60	2.29	0.0251	-9.60	2.29	0.0251	-9.60	2.29	
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0043	0.51	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0139	-8.87	2.41	0.0139	-8.87	2.41	0.0139	-8.87	2.41	
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0053	0.51	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0046	-8.11	2.47	0.0046	-8.11	2.47	0.0046	-8.11	2.47	
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0064	0.51	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0032	-7.34	2.48	-0.0032	-7.34	2.48	-0.0032	-7.34	2.48	
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0075	0.49	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0095	-6.58	2.43	-0.0095	-6.58	2.43	-0.0095	-6.58	2.43	
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0088	0.45	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0145	-5.84	2.35	-0.0145	-5.84	2.35	-0.0145	-5.84	2.35	
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0102	0.40	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0183	-5.13	2.25	-0.0183	-5.13	2.25	-0.0183	-5.13	2.25	
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0117	0.33	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0211	-4.45	2.12	-0.0211	-4.45	2.12	-0.0211	-4.45	2.12	
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0132	0.23	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0230	-3.82	1.98	-0.0230	-3.82	1.98	-0.0230	-3.82	1.98	
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0148	0.11	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0242	-3.23	1.82	-0.0242	-3.23	1.82	-0.0242	-3.23	1.82	
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0164	-0.04	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0247	-2.69	1.67	-0.0247	-2.69	1.67	-0.0247	-2.69	1.67	
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0179	-0.23	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0246	-2.20	1.51	-0.0246	-2.20	1.51	-0.0246	-2.20	1.51	
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0195	-0.45	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0241	-1.75	1.35	-0.0241	-1.75	1.35	-0.0241	-1.75	1.35	
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0209	-0.71	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0233	-1.36	1.19	-0.0233	-1.36	1.19	-0.0233	-1.36	1.19	
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0222	-1.01	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0222	-1.01	1.05	-0.0222	-1.01	1.05	-0.0222	-1.01	1.05	
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0233	-1.36	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0209	-0.71	0.91	-0.0209	-0.71	0.91	-0.0209	-0.71	0.91	
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0241	-1.75	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0195	-0.45	0.78	-0.0195	-0.45	0.78	-0.0195	-0.45	0.78	
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0246	-2.20	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0179	-0.23	0.65	-0.0179	-0.23	0.65	-0.0179	-0.23	0.65	
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0247	-2.69	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0164	-0.04	0.54	-0.0164	-0.04	0.54	-0.0164	-0.04	0.54	
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0483	-0.0242	-3.23	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0148	0.11	0.44	-0.0148	0.11	0.44	-0.0148	0.11	0.44	
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0230	-3.82	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0132	0.23	0.35	-0.0132	0.23	0.35	-0.0132	0.23	0.35	
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0211	-4.45	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0117	0.33	0.27	-0.0117	0.33	0.27	-0.0117	0.33	0.27	
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0183	-5.13	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0102	0.40	0.20	-0.0102	0.40	0.20	-0.0102	0.40	0.20	
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0145	-5.84	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0088	0.45	0.14	-0.0088	0.45	0.14	-0.0088	0.45	0.14	
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0095	-6.58	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0075	0.49	0.09	-0.0075	0.49	0.09	-0.0075	0.49	0.09	
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0032	-7.34	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0064	0.51	0.04	-0.0064	0.51	0.04	-0.0064	0.51	0.04	
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0046	-8.11	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0053	0.51	0.00	-0.0001	-0.0053	0.51	0.00	-0.0001	-0.0053	0.51
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0139	-8.87	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0043	0.51	-0.03	0.0007	-0.0043	0.51	-0.03	0.0007	-0.0043	0.51
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0251	-9.60	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0034	0.50	-0.05	0.0014						

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE BALASTOS

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm C= 20 kg/cm^3
 L= 126 m $\lambda = 0.003270345 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	cm
110	130	20	12600	2.01E+07	0.003	0.550	56.57	-11.75	37.00	41.21

λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		λx	A	B	C	D	Y_x		M_x		S_x		
					mm	Ton-m	Ton	Ton-m	Ton	mm						Ton-m	Ton					
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0007	0.00	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.5500	56.57	-37.00							
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0008	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.5449	45.82	-33.31							
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0008	0.02	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.5308	36.19	-29.69							
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0009	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.5097	27.65	-26.19							
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0009	0.05	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.4832	20.16	-22.84							
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0010	0.06	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.4527	13.66	-19.69							
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0010	0.08	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.4196	8.09	-16.76							
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0010	0.10	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.3849	3.39	-14.05							
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0010	0.12	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.3495	-0.52	-11.58							
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0010	0.15	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3142	-3.72	-9.35							
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0009	0.17	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.2796	-6.27	-7.35							
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0008	0.20	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.2462	-8.24	-5.59							
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0007	0.23	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2144	-9.71	-4.04							
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0005	0.26	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.1845	-10.73	-2.70							
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0003	0.29	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1567	-11.38	-1.55							
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.33	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1311	-11.70	-0.58							
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0003	0.36	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1078	-11.75	0.22							
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0008	0.39	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.0867	-11.58	0.87							
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0013	0.42	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0679	-11.23	1.39							
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0018	0.45	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0513	-10.74	1.79							
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0025	0.47	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0367	-10.15	2.08							
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0033	0.49	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0241	-9.48	2.29							
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0041	0.50	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0134	-8.76	2.41							
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0051	0.51	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0044	-8.01	2.47							
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0061	0.50	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0031	-7.25	2.48							
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0073	0.48	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0092	-6.50	2.43							
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0085	0.45	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0139	-5.77	2.35							
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0098	0.40	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0176	-5.06	2.25							
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0112	0.32	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0203	-4.39	2.12							
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0127	0.23	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0221	-3.77	1.98							
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0142	0.11	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0232	-3.19	1.82							
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0157	-0.04	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0237	-2.65	1.67							
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0173	-0.23	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0237	-2.17	1.51							
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0187	-0.45	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0232	-1.73	1.35							
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0201	-0.70	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0224	-1.34	1.19							
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0214	-1.00	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0214	-1.00	1.05							
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0224	-1.34	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0201	-0.70	0.91							
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0232	-1.73	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0187	-0.45	0.78							
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0237	-2.17	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0173	-0.23	0.65							
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0237	-2.65	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0157	-0.04	0.54							
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0232	-3.19	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0142	0.11	0.44							
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0221	-3.77	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0127	0.23	0.35							
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0203	-4.39	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0112	0.32	0.27							
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0176	-5.06	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0098	0.40	0.20							
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0139	-5.77	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0085	0.45	0.14							
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0092	-6.50	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0073	0.48	0.09							
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0031	-7.25	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0061	0.50	0.04							
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0044	-8.01	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0051	0.51	0.00							
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0134	-8.76	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0041	0.50	-0.03							
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0241	-9.48	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0033	0.49	-0.05							
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0367	-10.15	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0025	0.47	-0.07							
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0513	-10.74	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0018	0.45	-0.09							
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0679	-11.23	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0013	0.42	-0.10							
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.0867	-11.58	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0008	0.39	-0.10							
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1078	-11.75	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0003	0.36	-0.11							
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1311	-11.70	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.33	-0.11							
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.1567	-11.38	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0003	0.29	-0.11							
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.1845	-10.73	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0005	0.26	-							

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 1145833.333 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 50 cm $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.005630748 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	50	10	12600	1.15E+06	0.006	1.894	32.86	-6.82	37.00	70.95

λx	A	B	C	D	Y_x			λx	A	B	C	D	M_x			S_x
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton	
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0024	0.00	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.8940	32.86	-37.00	
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0027	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.8763	26.61	-33.31	
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0029	0.01	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.8278	21.02	-29.69	
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0031	0.02	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	1.7551	16.06	-26.19	
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0033	0.03	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	1.6637	11.71	-22.84	
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0034	0.04	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	1.5589	7.93	-19.69	
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0035	0.05	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	1.4448	4.70	-16.76	
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0035	0.06	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	1.3253	1.97	-14.05	
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0035	0.07	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	1.2034	-0.30	-11.58	
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0034	0.09	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	1.0818	-2.16	-9.35	
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0032	0.10	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.9628	-3.64	-7.35	
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0029	0.12	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.8478	-4.79	-5.59	
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0024	0.13	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.7384	-5.64	-4.04	
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0018	0.15	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.6354	-6.23	-2.70	
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0010	0.17	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.5396	-6.61	-1.55	
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.19	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.4514	-6.79	-0.58	
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0012	0.21	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.3711	-6.82	0.22	
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0026	0.23	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.2985	-6.73	0.87	
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0043	0.25	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.2338	-6.52	1.39	
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0063	0.26	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.1765	-6.24	1.79	
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0086	0.28	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.1264	-5.89	2.08	
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0112	0.29	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0831	-5.50	2.29	
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0142	0.29	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0462	-5.09	2.41	
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0174	0.30	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0151	-4.65	2.47	
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0211	0.29	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0106	-4.21	2.48	
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0250	0.28	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0315	-3.77	2.43	
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0293	0.26	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0480	-3.35	2.35	
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0338	0.23	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0607	-2.94	2.25	
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0387	0.19	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0699	-2.55	2.12	
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0437	0.13	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0763	-2.19	1.98	
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0489	0.06	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0800	-1.85	1.82	
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0542	-0.03	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0817	-1.54	1.67	
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0594	-0.13	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0816	-1.26	1.51	
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0645	-0.26	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0800	-1.01	1.35	
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0693	-0.41	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0773	-0.78	1.19	
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0736	-0.58	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0736	-0.58	1.05	
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0773	-0.78	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0693	-0.41	0.91	
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0800	-1.01	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0645	-0.26	0.78	
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0816	-1.26	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0594	-0.13	0.65	
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0817	-1.54	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0542	-0.03	0.54	
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0800	-1.85	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0489	0.06	0.44	
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0763	-2.19	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0437	0.13	0.35	
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0699	-2.55	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0387	0.19	0.27	
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0607	-2.94	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0338	0.23	0.20	
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0480	-3.35	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0293	0.26	0.14	
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0315	-3.77	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0250	0.28	0.09	
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0106	-4.21	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0211	0.29	0.04	
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0151	-4.65	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0174	0.30	0.00	
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0462	-5.09	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0142	0.29	-0.03	
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0831	-5.50	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0112	0.29	-0.05	
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.1264	-5.89	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0086	0.28	-0.07	
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.1765	-6.24	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0063	0.26	-0.09	
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.2338	-6.52	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0043	0.25	-0.10	
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.2985	-6.73	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0026	0.23	-0.10	
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.3711	-6.82	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0012	0.21	-0.11	
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.4514	-6.79	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.19	-0.11	
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.5396	-6.61	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0010	0.17	-0.11	
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.6354	-6.23	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0018	0.15	-0.10	

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 1980000 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 60 cm $C= 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda= 0.004911115 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton
110	60	10	12600	1.98E+06	0.005	1.652	37.67	-7.82	37.00

λ_x	A	B	C	D	Y_x		M_x	S_x	λ_x	A	B	C	D	Y_x		M_x	S_x
					mm	Ton-m								mm	Ton-m		
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0021	0.00	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.6519	37.67	-37.00		
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0023	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.6365	30.51	-33.31		
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0025	0.02	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.5942	24.10	-29.69		
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0027	0.02	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	1.5308	18.41	-26.19		
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0028	0.03	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	1.4511	13.42	-22.84		
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0030	0.04	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	1.3596	9.10	-19.69		
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0030	0.05	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	1.2601	5.39	-16.76		
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0031	0.07	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	1.1559	2.26	-14.05		
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0031	0.08	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	1.0496	-0.35	-11.58		
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0030	0.10	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.9436	-2.48	-9.35		
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0028	0.12	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.8397	-4.17	-7.35		
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0025	0.13	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.7395	-5.49	-5.59		
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0021	0.15	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.6440	-6.46	-4.04		
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0016	0.17	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.5542	-7.15	-2.70		
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0009	0.20	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.4707	-7.58	-1.55		
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.22	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.3937	-7.79	-0.58		
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0010	0.24	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.3236	-7.82	0.22		
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0023	0.26	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.2604	-7.71	0.87		
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0038	0.28	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.2039	-7.48	1.39		
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0055	0.30	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.1539	-7.15	1.79		
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0075	0.32	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.1103	-6.76	2.08		
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0098	0.33	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0725	-6.31	2.29		
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0124	0.34	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0403	-5.83	2.41		
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0152	0.34	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0132	-5.33	2.47		
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0184	0.33	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0093	-4.83	2.48		
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0218	0.32	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0275	-4.33	2.43		
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0255	0.30	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0419	-3.84	2.35		
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0295	0.26	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0529	-3.37	2.25		
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0337	0.22	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0610	-2.93	2.12		
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0381	0.15	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0665	-2.51	1.98		
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0427	0.07	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0698	-2.12	1.82		
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0473	-0.03	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0713	-1.77	1.67		
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0518	-0.15	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0712	-1.44	1.51		
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0563	-0.30	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0698	-1.15	1.35		
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0605	-0.47	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0674	-0.89	1.19		
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0642	-0.67	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0642	-0.67	1.05		
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0674	-0.89	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0605	-0.47	0.91		
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0698	-1.15	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0563	-0.30	0.78		
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0712	-1.44	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0518	-0.15	0.65		
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0713	-1.77	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0473	-0.03	0.54		
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0698	-2.12	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0427	0.07	0.44		
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0665	-2.51	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0381	0.15	0.35		
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0610	-2.93	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0337	0.22	0.27		
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0529	-3.37	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0295	0.26	0.20		
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0419	-3.84	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0255	0.30	0.14		
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0275	-4.33	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0218	0.32	0.09		
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0093	-4.83	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0184	0.33	0.04		
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0132	-5.33	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0152	0.34	0.00		
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0403	-5.83	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0124	0.34	-0.03		
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0725	-6.31	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0098	0.33	-0.05		
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.1103	-6.76	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0075	0.32	-0.07		
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.1539	-7.15	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0055	0.30	-0.09		
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.2039	-7.48	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0038	0.28	-0.10		
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.2604	-7.71	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0023	0.26	-0.10		
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.3236	-7.82	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0010	0.24	-0.11		
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.3937	-7.79	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.22	-0.11		
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.4707	-7.58	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0009	0.20	-0.11		
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.5542	-7.15	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0016	0.17	-0.10		

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 3144166.667 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 70 cm $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.004374919 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	70	10	12600	3.14E+06	0.004	1.472	42.29	-8.78	37.00	55.12

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x			S_x
					mm	Ton-m	Ton						Ton-m	Ton	Ton	
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0019	0.00	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.4716	42.29	-37.00	
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0021	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.4578	34.25	-33.31	
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0022	0.02	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.4202	27.05	-29.69	
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0024	0.03	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	1.3636	20.67	-26.19	
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0025	0.04	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	1.2927	15.07	-22.84	
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0026	0.05	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	1.2112	10.21	-19.69	
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0027	0.06	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	1.1226	6.05	-16.76	
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0027	0.08	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	1.0297	2.53	-14.05	
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0027	0.09	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.9350	-0.39	-11.58	
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0026	0.11	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.8406	-2.78	-9.35	
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0025	0.13	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.7480	-4.69	-7.35	
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0022	0.15	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.6587	-6.16	-5.59	
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0019	0.17	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.5737	-7.26	-4.04	
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0014	0.20	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.4937	-8.02	-2.70	
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0008	0.22	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.4193	-8.50	-1.55	
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.24	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.3508	-8.74	-0.58	
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0009	0.27	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.2883	-8.78	0.22	
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0020	0.29	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.2320	-8.66	0.87	
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0034	0.32	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1816	-8.40	1.39	
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0049	0.34	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.1371	-8.03	1.79	
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0067	0.35	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0982	-7.59	2.08	
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0087	0.37	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0646	-7.08	2.29	
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0110	0.38	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0359	-6.55	2.41	
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0135	0.38	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0117	-5.99	2.47	
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0164	0.37	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0083	-5.42	2.48	
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0194	0.36	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0245	-4.86	2.43	
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0227	0.33	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0373	-4.31	2.35	
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0263	0.30	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0471	-3.78	2.25	
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0301	0.24	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0543	-3.28	2.12	
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0340	0.17	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0592	-2.82	1.98	
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0380	0.08	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0622	-2.38	1.82	
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0421	-0.03	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0635	-1.98	1.67	
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0462	-0.17	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0634	-1.62	1.51	
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0501	-0.33	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0622	-1.29	1.35	
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0539	-0.52	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0600	-1.00	1.19	
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0572	-0.75	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0572	-0.75	1.05	
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0600	-1.00	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0539	-0.52	0.91	
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0622	-1.29	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0501	-0.33	0.78	
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0634	-1.62	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0462	-0.17	0.65	
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0635	-1.98	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0421	-0.03	0.54	
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0622	-2.38	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0380	0.06	0.44	
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0592	-2.82	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0340	0.17	0.35	
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0543	-3.28	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0301	0.24	0.27	
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0471	-3.78	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0263	0.30	0.20	
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0373	-4.31	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0227	0.33	0.14	
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0245	-4.86	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0194	0.36	0.09	
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0083	-5.42	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0164	0.37	0.04	
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0117	-5.99	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0135	0.38	0.00	
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0359	-6.55	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0110	0.38	-0.03	
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0646	-7.08	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0087	0.37	-0.05	
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0982	-7.59	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0067	0.35	-0.07	
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.1371	-8.03	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0049	0.34	-0.09	
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1816	-8.40	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0034	0.32	-0.10	
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.2320	-8.66	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0020	0.29	-0.10	
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.2883	-8.78	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0009	0.27	-0.11	
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.3508	-8.74	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.24	-0.11	
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.4193	-8.50	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0008	0.22	-0.11	
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.4937	-8.02	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0014	0.20	-0.10	

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 4693333.333 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 80 cm $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.003958003 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	80	10	12600	4.69E+06	0.004	1.331	46.74	-9.71	37.00	49.87

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0017	0.00	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.3313	46.74	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0019	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.3189	37.86	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0020	0.02	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.2848	29.90	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0022	0.03	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	1.2337	22.85	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0023	0.04	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	1.1695	16.66	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0024	0.05	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	1.0958	11.29	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0025	0.07	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	1.0156	6.69	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0025	0.08	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.9316	2.80	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0025	0.10	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.8459	-0.43	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0024	0.12	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.7605	-3.07	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0022	0.14	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.6767	-5.18	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0020	0.17	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.5960	-6.81	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0017	0.19	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.5190	-8.02	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0013	0.22	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.4467	-8.87	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0007	0.24	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.3793	-9.40	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.27	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.3173	-9.67	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0008	0.30	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.2608	-9.71	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0018	0.32	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.2098	-9.57	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0030	0.35	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1643	-9.28	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0044	0.37	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.1241	-8.88	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0061	0.39	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0889	-8.38	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0079	0.41	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0584	-7.83	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0100	0.42	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0325	-7.24	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0123	0.42	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0106	-6.62	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0148	0.41	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0075	-5.99	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0176	0.40	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0221	-5.37	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0206	0.37	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0338	-4.76	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0238	0.33	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0427	-4.18	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0272	0.27	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0492	-3.63	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0307	0.19	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0536	-3.11	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0344	0.09	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0563	-2.63	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0381	-0.04	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0574	-2.19	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0418	-0.19	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0573	-1.79	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0454	-0.37	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0562	-1.43	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0487	-0.58	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0543	-1.11	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0518	-0.83	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0518	-0.83	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0543	-1.11	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0487	-0.58	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0562	-1.43	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0454	-0.37	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0573	-1.79	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0418	-0.19	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0574	-2.19	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0381	-0.04	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0563	-2.63	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0344	0.09	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0536	-3.11	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0307	0.19	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0492	-3.63	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0272	0.27	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0427	-4.18	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0238	0.33	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0338	-4.76	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0206	0.37	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0221	-5.37	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0176	0.40	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0075	-5.99	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0148	0.41	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0106	-6.62	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0123	0.42	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0325	-7.24	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0100	0.42	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0584	-7.83	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0079	0.41	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0889	-8.38	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0061	0.39	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.1241	-8.88	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0044	0.37	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1643	-9.28	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0030	0.35	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.2098	-9.57	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0018	0.32	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.2608	-9.71	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0008	0.30	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.3173	-9.67	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.27	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.3793	-9.40	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0007	0.24	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.4467	-8.87	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0013	0.22	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 6682500 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 90 cm $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.003623362 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	90	10	12600	6.68E+06	0.004	1.219	51.06	-10.60	37.00	45.65

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0016	0.00	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.2188	51.06	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0017	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.2074	41.36	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0019	0.02	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.1762	32.66	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0020	0.03	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	1.1294	24.96	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0021	0.04	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	1.0706	18.20	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0022	0.06	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	1.0031	12.33	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0022	0.07	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.9297	7.30	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0023	0.09	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.8528	3.06	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0023	0.11	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.7744	-0.47	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0022	0.13	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.6962	-3.36	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0021	0.16	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.6195	-5.66	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0018	0.18	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.5456	-7.44	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0016	0.21	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.4752	-8.76	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0012	0.24	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.4089	-9.69	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0007	0.27	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.3473	-10.27	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.30	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.2905	-10.56	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0008	0.32	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.2388	-10.60	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0017	0.35	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1921	-10.45	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0028	0.38	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1504	-10.14	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0041	0.41	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.1136	-9.70	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0055	0.43	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0813	-9.16	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0072	0.44	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0535	-8.55	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0091	0.46	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0297	-7.90	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0112	0.46	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0097	-7.23	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0135	0.45	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0068	-6.54	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0161	0.43	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0203	-5.87	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0188	0.40	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0309	-5.20	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0218	0.36	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0390	-4.57	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0249	0.29	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0450	-3.97	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0281	0.21	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0491	-3.40	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0315	0.10	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0515	-2.88	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0349	-0.04	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0526	-2.39	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0382	-0.20	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0525	-1.96	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0415	-0.40	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0515	-1.56	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0446	-0.63	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0497	-1.21	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0474	-0.90	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0474	-0.90	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0497	-1.21	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0446	-0.63	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0515	-1.56	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0415	-0.40	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0525	-1.96	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0382	-0.20	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0526	-2.39	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0349	-0.04	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0515	-2.88	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0315	0.10	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0491	-3.40	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0281	0.21	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0450	-3.97	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0249	0.29	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0390	-4.57	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0218	0.36	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0309	-5.20	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0188	0.40	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0203	-5.87	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0161	0.43	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0068	-6.54	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0135	0.45	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0097	-7.23	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0112	0.46	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0297	-7.90	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0091	0.46	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0535	-8.55	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0072	0.44	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0813	-9.16	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0055	0.43	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.1136	-9.70	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0041	0.41	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1504	-10.14	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0028	0.38	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1921	-10.45	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0017	0.35	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.2388	-10.60	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0008	0.32	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.2905	-10.56	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.30	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.3473	-10.27	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0007	0.27	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.4089	-9.69	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0012	0.24	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 9166666.667 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 100 cm $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.003348063 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	100	10	12600	9.17E+06	0.003	1.126	55.26	-11.48	37.00	42.19

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x			S_x
					mm	Ton-m	Ton						Ton-m	Ton-m	Ton	
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0014	0.00	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.1262	55.26	-37.00	
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0016	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.1156	44.76	-33.31	
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0017	0.02	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.0868	35.35	-29.69	
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0018	0.03	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	1.0436	27.01	-26.19	
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0019	0.05	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.9893	19.69	-22.84	
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0020	0.06	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.9269	13.34	-19.69	
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0021	0.08	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.8591	7.91	-16.76	
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0021	0.10	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.7880	3.31	-14.05	
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0021	0.12	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.7155	-0.51	-11.58	
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0020	0.14	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.6433	-3.63	-9.35	
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0019	0.17	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.5725	-6.12	-7.35	
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0017	0.20	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.5041	-8.05	-5.59	
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0014	0.23	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.4391	-9.48	-4.04	
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0011	0.26	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.3778	-10.48	-2.70	
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0006	0.29	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.3209	-11.11	-1.55	
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.32	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.2684	-11.43	-0.58	
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0007	0.35	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.2206	-11.48	0.22	
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0016	0.38	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1775	-11.31	0.87	
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0026	0.41	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1390	-10.97	1.39	
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0038	0.44	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.1049	-10.49	1.79	
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0051	0.46	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0752	-9.91	2.08	
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0067	0.48	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0494	-9.26	2.29	
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0084	0.49	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0275	-8.55	2.41	
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0104	0.50	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0090	-7.82	2.47	
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0125	0.49	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0063	-7.08	2.48	
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0149	0.47	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0187	-6.35	2.43	
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0174	0.44	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0286	-5.63	2.35	
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0201	0.39	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0361	-4.94	2.25	
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0230	0.32	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0416	-4.29	2.12	
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0260	0.22	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0453	-3.68	1.98	
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0291	0.10	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0476	-3.11	1.82	
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0322	-0.04	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0486	-2.59	1.67	
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0353	-0.22	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0485	-2.12	1.51	
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0384	-0.43	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0476	-1.69	1.35	
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0412	-0.69	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0459	-1.31	1.19	
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0438	-0.98	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0438	-0.98	1.05	
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0459	-1.31	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0412	-0.69	0.91	
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0476	-1.69	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0384	-0.43	0.78	
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0485	-2.12	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0353	-0.22	0.65	
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0486	-2.59	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0322	-0.04	0.54	
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0476	-3.11	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0291	0.10	0.44	
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0453	-3.68	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0260	0.22	0.35	
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0416	-4.29	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0230	0.32	0.27	
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0361	-4.94	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0201	0.39	0.20	
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0286	-5.63	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0174	0.44	0.14	
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0187	-6.35	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0149	0.47	0.09	
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0063	-7.08	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0125	0.49	0.04	
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0090	-7.82	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0104	0.50	0.00	
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0275	-8.55	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0084	0.49	-0.03	
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0494	-9.26	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0067	0.48	-0.05	
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0752	-9.91	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0051	0.46	-0.07	
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.1049	-10.49	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0038	0.44	-0.09	
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1390	-10.97	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0026	0.41	-0.10	
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1775	-11.31	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0016	0.38	-0.10	
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.2206	-11.48	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0007	0.35	-0.11	
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.2684	-11.43	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.32	-0.11	
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.3209	-11.11	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0006	0.29	-0.11	
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.3778	-10.48	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0011	0.26	-0.10	

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 12200833.33 \text{ cm}^4$
b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
h= 110 cm **C**= 10 kg/cm^3
L= 126 m $\lambda = 0.003117088 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	110	10	12600	1.22E+07	0.003	1.048	59.35	-12.33	37.00	39.28

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0013	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0485	59.35	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0015	0.01	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	1.0387	48.07	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0016	0.02	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	1.0118	37.97	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0017	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.9716	29.01	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0018	0.05	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.9210	21.15	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0019	0.07	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.8630	14.33	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0019	0.09	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.7988	8.49	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0020	0.11	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.7336	3.56	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0019	0.13	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.6862	-0.55	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0019	0.16	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.5989	-3.90	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0018	0.18	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.5330	-6.58	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0016	0.21	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.4693	-8.65	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0013	0.24	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.4088	-10.18	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0010	0.28	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.3518	-11.26	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0006	0.31	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2987	-11.94	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.34	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.2499	-12.27	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0007	0.38	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.2054	-12.33	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0015	0.41	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1653	-12.15	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0024	0.44	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1294	-11.78	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0035	0.47	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0977	-11.27	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0048	0.50	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0700	-10.65	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0062	0.52	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0460	-9.94	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0078	0.53	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0256	-9.19	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0097	0.53	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0083	-8.40	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0117	0.53	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0059	-7.61	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0138	0.51	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0174	-6.82	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0162	0.47	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0266	-6.05	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0187	0.42	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0336	-5.31	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0214	0.34	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0387	-4.61	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0242	0.24	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0422	-3.95	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0271	0.11	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0443	-3.34	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0300	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0452	-2.78	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0329	-0.24	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0452	-2.27	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0357	-0.47	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0443	-1.82	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0384	-0.74	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0428	-1.41	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0408	-1.05	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0408	-1.05	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0428	-1.41	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0384	-0.74	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0443	-1.82	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0357	-0.47	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0452	-2.27	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0329	-0.24	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0452	-2.78	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0300	-0.05	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0443	-3.34	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0271	0.11	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0422	-3.95	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0242	0.24	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0387	-4.61	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0214	0.34	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0336	-5.31	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0187	0.42	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0266	-6.05	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0162	0.47	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0174	-6.82	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0138	0.51	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0059	-7.61	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0117	0.53	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0083	-8.40	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0097	0.53	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0256	-9.19	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0078	0.53	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0460	-9.94	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0062	0.52	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0700	-10.65	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0048	0.50	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0977	-11.27	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0035	0.47	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1294	-11.78	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0024	0.44	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1653	-12.15	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0015	0.41	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.2054	-12.33	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0007	0.38	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.2499	-12.27	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.34	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.2987	-11.94	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0006	0.31	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.3518	-11.26	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0010	0.28	-0.10

VIA ADICIONAL
 PARA CARRO TRASPASO DE ACERO
 VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 15840000 \text{ cm}^4$
 $b = 110 \text{ cm}$ $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 $h = 120 \text{ cm}$ $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 $L = 126 \text{ m}$ $\lambda = 0.002920167 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	120	10	12600	1.58E+07	0.003	0.982	63.35	-13.16	37.00	36.79

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0013	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.9822	63.35	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0014	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.9731	51.31	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0015	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.9479	40.53	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0016	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.9102	30.97	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0017	0.06	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.8628	22.58	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0018	0.07	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.8084	15.30	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0018	0.09	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.7493	9.06	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0018	0.11	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.6873	3.79	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0018	0.14	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.6241	-0.59	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0018	0.17	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.5611	-4.17	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0017	0.19	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.4993	-7.02	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0015	0.23	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.4397	-9.23	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0013	0.26	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.3829	-10.87	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0009	0.29	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.3295	-12.02	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0005	0.33	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2799	-12.74	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.37	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.2341	-13.10	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0006	0.40	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1924	-13.16	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0014	0.44	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1548	-12.97	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0022	0.47	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1212	-12.58	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0033	0.50	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0915	-12.03	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0045	0.53	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0656	-11.36	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0058	0.55	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0431	-10.61	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0073	0.56	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0239	-9.81	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0090	0.57	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0078	-8.97	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0109	0.56	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0055	-8.12	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0130	0.54	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0163	-7.28	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0152	0.50	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0249	-6.46	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0176	0.44	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0315	-5.67	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0201	0.36	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0363	-4.92	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0227	0.26	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0395	-4.22	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0254	0.12	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0415	-3.57	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0281	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0424	-2.97	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0308	-0.25	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0423	-2.43	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0335	-0.50	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0415	-1.94	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0359	-0.79	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0401	-1.50	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0382	-1.12	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0382	-1.12	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0401	-1.50	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0359	-0.79	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0415	-1.94	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0335	-0.50	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0423	-2.43	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0308	-0.25	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0424	-2.97	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0281	-0.05	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0415	-3.57	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0254	0.12	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0395	-4.22	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0227	0.26	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0363	-4.92	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0201	0.36	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0315	-5.67	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0176	0.44	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0249	-6.46	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0152	0.50	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0163	-7.28	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0130	0.54	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0055	-8.12	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0109	0.56	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0078	-8.97	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0090	0.57	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0239	-9.81	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0073	0.56	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0431	-10.61	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0058	0.55	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0656	-11.36	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0045	0.53	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0915	-12.03	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0033	0.50	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1212	-12.58	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0022	0.47	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1548	-12.97	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0014	0.44	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1924	-13.16	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0006	0.40	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.2341	-13.10	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.37	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.2799	-12.74	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0005	0.33	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.3295	-12.02	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0009	0.29	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 20139166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 130 cm $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.002750021 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	130	10	12600	2.01E+07	0.003	0.925	67.27	-13.97	37.00	34.65

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0012	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.9250	67.27	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0013	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.9164	54.49	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0014	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.8927	43.04	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0015	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.8572	32.88	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0016	0.06	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.8126	23.97	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0017	0.08	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.7613	16.25	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0017	0.10	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.7056	9.62	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0017	0.12	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.6472	4.03	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0017	0.15	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.5877	-0.62	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0017	0.18	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.5284	-4.42	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0016	0.21	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.4702	-7.45	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0014	0.24	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.4141	-9.80	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0012	0.27	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.3606	-11.54	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0009	0.31	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.3103	-12.76	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0005	0.35	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2636	-13.53	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.39	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.2205	-13.91	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0006	0.43	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1812	-13.97	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0013	0.47	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1458	-13.77	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0021	0.50	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1142	-13.36	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0031	0.53	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0862	-12.77	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0042	0.56	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0617	-12.07	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0055	0.59	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0406	-11.27	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0069	0.60	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0225	-10.41	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0085	0.60	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0074	-9.52	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0103	0.60	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0052	-8.62	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0122	0.57	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0154	-7.73	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0143	0.53	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0235	-6.86	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0165	0.47	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0296	-6.02	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0189	0.38	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0342	-5.22	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0214	0.27	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0372	-4.48	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0239	0.13	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0391	-3.79	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0265	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0399	-3.15	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0290	-0.27	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0398	-2.58	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0315	-0.53	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0391	-2.06	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0338	-0.83	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0377	-1.60	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0360	-1.19	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0360	-1.19	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0377	-1.60	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0338	-0.83	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0391	-2.06	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0315	-0.53	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0398	-2.58	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0290	-0.27	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0399	-3.15	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0265	-0.05	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0391	-3.79	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0239	0.13	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0372	-4.48	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0214	0.27	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0342	-5.22	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0189	0.38	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0296	-6.02	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0165	0.47	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0235	-6.86	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0143	0.53	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0154	-7.73	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0122	0.57	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0052	-8.62	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0103	0.60	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0074	-9.52	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0085	0.60	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0225	-10.41	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0069	0.60	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0406	-11.27	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0055	0.59	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0617	-12.07	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0042	0.56	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0862	-12.77	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0031	0.53	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1142	-13.36	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0021	0.50	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1458	-13.77	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0013	0.47	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1812	-13.97	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0006	0.43	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.2205	-13.91	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.39	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.2636	-13.53	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0005	0.35	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.3103	-12.76	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0009	0.31	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 25153333.33 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 140 cm $C= 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda= 0.002601342 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	140	10	12600	2.52E+07	0.003	0.875	71.12	-14.77	37.00	32.78

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0011	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.8750	71.12	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0012	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.8668	57.60	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0013	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.8444	45.50	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0014	0.04	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.8108	34.76	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0015	0.06	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.7686	25.34	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0016	0.08	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.7202	17.17	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0016	0.10	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.6675	10.17	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0016	0.13	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.6123	4.26	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0016	0.16	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.5560	-0.66	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0016	0.19	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.4998	-4.68	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0015	0.22	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.4448	-7.88	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0013	0.25	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3917	-10.36	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0011	0.29	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.3411	-12.20	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0008	0.33	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2936	-13.49	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0005	0.37	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2493	-14.30	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.41	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.2086	-14.71	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0005	0.45	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1714	-14.77	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0012	0.49	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1379	-14.56	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0020	0.53	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1080	-14.12	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0029	0.57	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0815	-13.50	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0040	0.60	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0584	-12.76	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0052	0.62	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0384	-11.91	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0065	0.63	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0213	-11.01	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0081	0.64	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0070	-10.07	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0097	0.63	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0049	-9.12	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0116	0.61	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0146	-8.17	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0135	0.56	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0222	-7.25	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0156	0.50	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0280	-6.36	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0179	0.41	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0323	-5.52	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0202	0.29	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0352	-4.74	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0226	0.13	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0370	-4.00	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0250	-0.05	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0377	-3.33	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0275	-0.28	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0377	-2.72	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0298	-0.56	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0370	-2.18	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0320	-0.88	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0357	-1.69	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0340	-1.26	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0340	-1.26	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0357	-1.69	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0320	-0.88	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0370	-2.18	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0298	-0.56	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0377	-2.72	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0275	-0.28	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0377	-3.33	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0250	-0.05	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0370	-4.00	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0226	0.13	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0352	-4.74	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0202	0.29	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0323	-5.52	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0179	0.41	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0280	-6.36	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0156	0.50	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0222	-7.25	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0135	0.56	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0146	-8.17	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0116	0.61	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0049	-9.12	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0097	0.63	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0070	-10.07	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0081	0.64	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0213	-11.01	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0065	0.63	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0384	-11.91	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0052	0.62	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0584	-12.76	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0040	0.60	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0815	-13.50	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0029	0.57	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1080	-14.12	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0020	0.53	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1379	-14.56	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0012	0.49	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1714	-14.77	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0005	0.45	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.2086	-14.71	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.41	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.2493	-14.30	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0005	0.37	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2936	-13.49	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0008	0.33	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 30937500 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 150 cm $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.00247016 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	150	10	12600	3.09E+07	0.002	0.831	74.89	-15.56	37.00	31.12

Ax	A	B	C	D	Y _x			Ax	A	B	C	D	M _x			S _x
					mm	Ton-m	Ton						Ton-m	Ton-m	Ton	
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0011	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.8309	74.89	-37.00	
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0012	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.8231	60.66	-33.31	
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0013	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.8018	47.91	-29.69	
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0013	0.05	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.7699	36.61	-26.19	
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0014	0.07	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.7299	26.69	-22.84	
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0015	0.09	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.6839	18.09	-19.69	
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0015	0.11	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.6338	10.72	-16.76	
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0016	0.14	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.5814	4.49	-14.05	
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0015	0.16	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.5279	-0.69	-11.58	
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0015	0.20	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.4746	-4.92	-9.35	
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0014	0.23	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.4224	-8.30	-7.35	
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0013	0.27	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3719	-10.91	-5.59	
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0011	0.31	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.3239	-12.85	-4.04	
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0008	0.35	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2788	-14.21	-2.70	
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0004	0.39	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2367	-15.06	-1.55	
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.43	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1980	-15.49	-0.58	
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0005	0.48	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1628	-15.56	0.22	
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0012	0.52	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1310	-15.33	0.87	
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0019	0.56	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.1025	-14.87	1.39	
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0028	0.60	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0774	-14.22	1.79	
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0038	0.63	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0555	-13.43	2.08	
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0049	0.65	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0365	-12.55	2.29	
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0062	0.67	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0203	-11.59	2.41	
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0077	0.67	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0066	-10.60	2.47	
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0092	0.66	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0047	-9.60	2.48	
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0110	0.64	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0138	-8.60	2.43	
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0128	0.59	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0211	-7.63	2.35	
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0148	0.52	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0266	-6.70	2.25	
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0170	0.43	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0307	-5.82	2.12	
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0192	0.30	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0335	-4.99	1.98	
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0215	0.14	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0351	-4.22	1.82	
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0238	-0.06	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0358	-3.51	1.67	
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0261	-0.30	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0358	-2.87	1.51	
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0283	-0.59	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0351	-2.29	1.35	
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0304	-0.93	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0339	-1.78	1.19	
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0323	-1.32	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0323	-1.32	1.05	
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0339	-1.78	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0304	-0.93	0.91	
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0351	-2.29	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0283	-0.59	0.78	
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0358	-2.87	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0261	-0.30	0.65	
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0358	-3.51	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0238	-0.06	0.54	
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0351	-4.22	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0215	0.14	0.44	
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0335	-4.99	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0192	0.30	0.35	
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0307	-5.82	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0170	0.43	0.27	
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0266	-6.70	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0148	0.52	0.20	
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0211	-7.63	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0128	0.59	0.14	
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0138	-8.60	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0110	0.64	0.09	
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0047	-9.60	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0092	0.66	0.04	
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0066	-10.60	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0077	0.67	0.00	
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0203	-11.59	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0062	0.67	-0.03	
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0365	-12.55	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0049	0.65	-0.05	
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0555	-13.43	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0038	0.63	-0.07	
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0774	-14.22	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0028	0.60	-0.09	
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.1025	-14.87	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0019	0.56	-0.10	
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1310	-15.33	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0012	0.52	-0.10	
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1628	-15.56	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0005	0.48	-0.11	
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1980	-15.49	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.43	-0.11	
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.2367	-15.06	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0004	0.39	-0.11	
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2788	-14.21	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0008	0.35	-0.10	

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 37546666.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 160 cm $C= 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda= 0.002353442 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	160	10	12600	3.75E+07	0.002	0.792	78.61	-16.33	37.00	29.65

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0010	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.7916	78.61	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0011	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.7842	63.67	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0012	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.7640	50.29	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0013	0.05	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.7336	38.42	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0014	0.07	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.6954	28.01	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0014	0.09	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.6516	18.98	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0015	0.11	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.6039	11.25	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0015	0.14	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.5539	4.71	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0015	0.17	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.5030	-0.73	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0014	0.21	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.4522	-5.17	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0013	0.24	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.4024	-8.71	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0012	0.28	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3544	-11.45	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0010	0.32	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.3086	-13.49	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0008	0.36	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2656	-14.91	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0004	0.41	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2255	-15.81	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.45	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1887	-16.26	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0005	0.50	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1551	-16.33	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0011	0.54	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1248	-16.09	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0018	0.59	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0977	-15.61	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0026	0.62	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0738	-14.93	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0036	0.66	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0528	-14.10	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0047	0.68	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0347	-13.17	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0059	0.70	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0193	-12.17	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0073	0.71	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0063	-11.13	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0088	0.70	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0044	-10.08	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0105	0.67	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0132	-9.03	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0122	0.62	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0201	-8.01	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0141	0.55	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0254	-7.03	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0162	0.45	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0292	-6.11	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0183	0.32	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0319	-5.23	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0204	0.15	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0335	-4.43	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0227	-0.06	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0341	-3.69	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0248	-0.31	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0341	-3.01	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0270	-0.62	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0334	-2.41	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0290	-0.98	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0323	-1.87	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0308	-1.39	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0308	-1.39	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0323	-1.87	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0290	-0.98	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0334	-2.41	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0270	-0.62	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0341	-3.01	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0248	-0.31	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0341	-3.69	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0227	-0.06	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0335	-4.43	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0204	0.15	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0319	-5.23	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0183	0.32	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0292	-6.11	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0162	0.45	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0254	-7.03	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0141	0.55	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0201	-8.01	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0122	0.62	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0132	-9.03	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0105	0.67	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0044	-10.08	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0088	0.70	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0063	-11.13	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0073	0.71	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0193	-12.17	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0059	0.70	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0347	-13.17	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0047	0.68	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0528	-14.10	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0036	0.66	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0738	-14.93	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0026	0.62	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0977	-15.61	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0018	0.59	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1248	-16.09	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0011	0.54	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1551	-16.33	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0005	0.50	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1887	-16.26	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.45	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.2255	-15.81	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0004	0.41	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2656	-14.91	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0008	0.36	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 45035833.33 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 170 cm $C= 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda= 0.002248831 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	170	10	12600	4.50E+07	0.002	0.756	82.26	-17.09	37.00	28.34

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0010	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.7564	82.26	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0011	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.7494	66.63	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0011	0.03	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.7300	52.63	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0012	0.05	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.7009	40.21	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0013	0.07	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.6645	29.32	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0014	0.09	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.6226	19.87	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0014	0.12	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.5770	11.77	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0014	0.15	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.5293	4.93	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0014	0.18	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.4806	-0.76	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0014	0.22	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.4321	-5.41	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0013	0.25	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3845	-9.11	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0011	0.29	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3386	-11.98	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0010	0.34	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2949	-14.12	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0007	0.38	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2538	-16.61	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0004	0.43	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2155	-15.54	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.48	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1803	-17.01	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0005	0.52	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1482	-17.09	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0010	0.57	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1192	-16.84	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0017	0.61	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0934	-16.33	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0025	0.65	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0705	-15.62	1.79
-5	-0.0043	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0034	0.69	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0505	-14.76	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0045	0.72	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0332	-13.78	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0057	0.73	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0184	-12.73	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0070	0.74	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0060	-11.65	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0084	0.73	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0042	-10.54	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0100	0.70	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0126	-9.45	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0117	0.65	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0192	-8.39	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0135	0.58	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0242	-7.36	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0154	0.47	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0279	-6.39	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0175	0.33	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0305	-5.48	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0195	0.16	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0320	-4.63	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0216	-0.06	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0326	-3.86	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0237	-0.33	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0326	-3.15	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0258	-0.65	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0320	-2.52	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0277	-1.02	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0309	-1.95	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0294	-1.45	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0294	-1.45	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0309	-1.95	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0277	-1.02	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0320	-2.52	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0258	-0.65	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0326	-3.15	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0237	-0.33	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0326	-3.86	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0216	0.06	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0320	-4.63	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0195	0.016	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0305	-5.48	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0175	0.33	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0279	-6.39	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0154	0.47	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0242	-7.36	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0135	0.58	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0192	-8.39	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0117	0.65	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0126	-9.45	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0100	0.70	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0042	-10.54	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0084	0.73	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0060	-11.65	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0070	0.74	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0184	-12.73	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0057	0.73	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0332	-13.78	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0045	0.72	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0505	-14.76	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0034	0.69	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0705	-15.62	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0025	0.65	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0934	-16.33	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0017	0.61	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1192	-16.84	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0010	0.57	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1482	-17.09	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0005	0.52	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1803	-17.01	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.48	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.2155	-16.54	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0004	0.43	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2538	-15.61	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0007	0.38	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 53460000 \text{ cm}^4$
 $b = 110 \text{ cm}$ $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 $h = 180 \text{ cm}$ $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 $L = 126 \text{ m}$ $\lambda = 0.002154464 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	180	10	12600	5.35E+07	0.002	0.725	85.87	-17.84	37.00	27.15

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x			S_x
					mm	Ton-m	Ton						Ton-m	Ton	Ton	
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0009	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.7247	85.87	-37.00	
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0010	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.7179	69.55	-33.31	
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0011	0.04	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.6994	54.93	-29.69	
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0012	0.05	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.6715	41.97	-26.19	
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0012	0.07	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.6366	30.60	-22.84	
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0013	0.10	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.5965	20.74	-19.69	
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0013	0.13	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.5528	12.29	-16.76	
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0014	0.16	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.5071	5.14	-14.05	
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0013	0.19	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.4604	-0.80	-11.58	
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0013	0.22	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.4139	-5.65	-9.35	
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0012	0.26	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3684	-9.51	-7.35	
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0011	0.31	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3244	-12.51	-5.59	
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0009	0.35	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2825	-14.73	-4.04	
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0007	0.40	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2431	-16.29	-2.70	
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0004	0.45	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.2065	-17.27	-1.55	
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.50	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1727	-17.76	-0.58	
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0005	0.55	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1420	-17.84	0.22	
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0010	0.59	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1142	-17.58	0.87	
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0017	0.64	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0894	-17.05	1.39	
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0024	0.68	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0675	-16.31	1.79	
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0033	0.72	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0484	-15.40	2.08	
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0043	0.75	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0318	-14.39	2.29	
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0054	0.77	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0177	-13.29	2.41	
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0067	0.77	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0058	-12.16	2.47	
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0081	0.76	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0041	-11.01	2.48	
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0096	0.73	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0121	-9.87	2.43	
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0112	0.68	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0184	-8.75	2.35	
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0129	0.60	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0232	-7.68	2.25	
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0148	0.49	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0268	-6.67	2.12	
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0167	0.35	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0292	-5.72	1.98	
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0187	0.16	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0306	-4.84	1.82	
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0207	-0.07	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0313	-4.03	1.67	
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0227	-0.34	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0312	-3.29	1.51	
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0247	-0.68	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0306	-2.63	1.35	
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0265	-1.07	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0296	-2.04	1.19	
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0282	-1.52	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0282	-1.52	1.05	
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0296	-2.04	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0265	-1.07	0.91	
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0306	-2.63	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0247	-0.68	0.78	
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0312	-3.29	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0227	-0.34	0.65	
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0313	-4.03	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0207	-0.07	0.54	
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0306	-4.84	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0187	0.16	0.44	
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0292	-5.72	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0167	0.35	0.35	
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0268	-6.67	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0148	0.49	0.27	
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0232	-7.68	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0129	0.60	0.20	
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0184	-8.75	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0112	0.68	0.14	
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0121	-9.87	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0096	0.73	0.09	
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0041	-11.01	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0081	0.76	0.04	
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0058	-12.16	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0067	0.77	0.00	
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0177	-13.29	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0054	0.77	-0.03	
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0318	-14.39	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0043	0.75	-0.05	
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0484	-15.40	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0033	0.72	-0.07	
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0675	-16.31	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0024	0.68	-0.09	
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0894	-17.05	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0017	0.64	-0.10	
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1142	-17.58	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0010	0.59	-0.10	
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1420	-17.84	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0005	0.55	-0.11	
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1727	-17.76	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.50	-0.11	
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.2065	-17.27	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0004	0.45	-0.11	
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2431	-16.29	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0007	0.40	-0.10	

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 62874166.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 190 cm $C= 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda= 0.002068847 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	190	10	12600	6.29E+07	0.002	0.696	89.42	-18.57	37.00	26.07

Ax	A	B	C	D	Y _x			Ax	A	B	C	D	M _x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0009	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.6959	89.42	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0010	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.6894	72.43	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0011	0.04	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.6716	57.21	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0011	0.06	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.6448	43.71	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0012	0.08	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.6113	31.87	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0012	0.10	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.5728	21.59	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0013	0.13	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.5308	12.79	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0013	0.16	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.4869	5.36	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0013	0.20	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.4422	-0.83	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0013	0.23	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3975	-5.88	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0012	0.27	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3537	-9.91	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0011	0.32	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.3115	-13.03	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0009	0.37	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2713	-15.34	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0007	0.41	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2335	-16.96	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0004	0.47	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1983	-17.98	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.52	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1659	-18.49	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.57	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1363	-18.57	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0010	0.62	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1097	-18.30	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0016	0.67	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0859	-17.75	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0023	0.71	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0648	-16.98	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0032	0.75	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0464	-16.04	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0041	0.78	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0305	-14.98	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0052	0.80	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0170	-13.84	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0064	0.80	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0055	-12.66	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0077	0.79	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0039	-11.46	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0092	0.76	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0116	-10.27	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0108	0.71	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0176	-9.11	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0124	0.63	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0223	-8.00	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0142	0.51	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0257	-6.95	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0161	0.36	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0280	-5.95	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0180	0.17	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0294	-5.04	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0199	-0.07	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0300	-4.19	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0218	-0.36	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0300	-3.43	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0237	-0.70	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0294	-2.74	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0255	-1.11	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0284	-2.12	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0270	-1.58	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0270	-1.58	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0284	-2.12	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0255	-1.11	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0294	-2.74	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0237	-0.70	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0300	-3.43	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0218	-0.36	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0300	-4.19	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0199	-0.07	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0294	-5.04	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0180	0.17	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0280	-5.95	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0161	0.36	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0257	-6.95	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0142	0.51	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0223	-8.00	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0124	0.63	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0176	-9.11	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0108	0.71	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0116	-10.27	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0092	0.76	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0039	-11.46	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0077	0.79	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0055	-12.66	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0064	0.80	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0170	-13.84	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0052	0.80	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0305	-14.98	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0041	0.78	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0464	-16.04	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0032	0.75	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0648	-16.98	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0023	0.71	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0859	-17.75	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0016	0.67	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1097	-18.30	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0010	0.62	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1363	-18.57	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0004	0.57	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1659	-18.49	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.52	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.1983	-17.98	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0004	0.47	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2335	-16.96	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0007	0.41	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x= 73333333.33 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30}= 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 200 cm $C= 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda= 0.00199077 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	200	10	12600	7.33E+07	0.002	0.670	92.93	-19.30	37.00	25.08

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0009	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.6696	92.93	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0009	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.6634	75.27	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0010	0.04	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.6462	59.45	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0011	0.06	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.6205	45.42	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0011	0.08	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.5882	33.12	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0012	0.11	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.5511	22.44	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0012	0.14	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.5108	13.30	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0013	0.17	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.4685	5.57	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0012	0.20	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.4255	-0.86	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0012	0.24	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3825	-6.11	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0011	0.29	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3404	-10.30	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0010	0.33	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.2998	-13.54	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0009	0.38	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2611	-15.95	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0006	0.43	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2247	-17.63	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0004	0.48	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1908	-18.69	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.54	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1596	-19.22	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.59	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1312	-19.30	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0009	0.64	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1055	-19.02	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0015	0.69	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0826	-18.45	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0022	0.74	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0624	-17.65	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0030	0.78	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0447	-16.67	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0040	0.81	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0294	-15.57	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0050	0.83	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0163	-14.38	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0062	0.83	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0053	-13.16	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0074	0.82	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0038	-11.91	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0088	0.79	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0111	-10.68	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0103	0.74	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0170	-9.47	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0120	0.65	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0215	-8.32	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0137	0.53	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0247	-7.22	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0155	0.37	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0270	-6.19	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0173	0.18	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0283	-5.23	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0192	-0.07	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0289	-4.36	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0210	-0.37	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0288	-3.56	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0228	-0.73	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0283	-2.84	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0245	-1.15	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0273	-2.21	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0260	-1.64	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0260	-1.64	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0273	-2.21	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0245	-1.15	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0283	-2.84	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0228	-0.73	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0288	-3.56	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0210	-0.37	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0289	-4.36	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0192	-0.07	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0283	-5.23	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0173	0.18	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0270	-6.19	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0155	0.37	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0247	-7.22	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0137	0.53	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0215	-8.32	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0120	0.65	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0170	-9.47	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0103	0.74	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0111	-10.68	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0088	0.79	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0038	-11.91	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0074	0.82	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0053	-13.16	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0062	0.83	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0163	-14.38	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0050	0.83	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0294	-15.57	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0040	0.81	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0447	-16.67	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0030	0.78	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0624	-17.65	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0022	0.74	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0826	-18.45	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0015	0.69	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1055	-19.02	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0009	0.64	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1312	-19.30	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0004	0.59	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1596	-19.22	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.54	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.1908	-18.69	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0004	0.48	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2247	-17.63	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0006	0.43	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 84892500 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 210 cm $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.001919239 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	210	10	12600	8.49E+07	0.002	0.646	96.39	-20.02	37.00	24.18

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0008	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.6456	96.39	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0009	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.6395	78.08	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0010	0.04	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.6230	61.67	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0010	0.06	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.5982	47.12	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0011	0.08	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.5671	34.35	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0012	0.11	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.5313	23.28	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0012	0.14	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.4925	13.79	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0012	0.17	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.4517	5.77	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0012	0.21	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.4102	-0.89	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0012	0.25	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3687	-6.34	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0011	0.30	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3282	-10.68	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0010	0.34	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.2890	-14.04	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0008	0.39	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2517	-16.54	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0006	0.45	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2166	-18.29	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0003	0.50	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1839	-18.29	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.56	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1539	-19.93	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.61	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1265	-20.02	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0009	0.67	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.1018	-19.73	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0015	0.72	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0797	-19.14	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0022	0.77	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0602	-18.30	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0029	0.81	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0431	-17.29	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0038	0.84	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0283	-16.15	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0048	0.86	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0157	-14.92	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0059	0.87	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0051	-13.65	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0072	0.85	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0036	-12.35	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0085	0.82	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0107	-11.07	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0100	0.76	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0164	-9.83	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0115	0.67	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0207	-8.63	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0132	0.55	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0238	-7.49	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0149	0.39	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0260	-6.42	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0167	0.18	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0273	-5.43	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0185	-0.07	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0278	-4.52	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0203	-0.39	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0278	-3.69	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0220	-0.76	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0273	-2.95	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0236	-1.20	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0263	-2.29	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0251	-1.70	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0251	-1.70	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0263	-2.29	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0236	-1.20	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0273	-2.95	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0220	-0.76	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0278	-3.69	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0203	-0.39	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0278	-4.52	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0185	-0.07	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0273	-5.43	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0167	0.18	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0260	-6.42	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0149	0.39	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0238	-7.49	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0132	0.55	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0207	-8.63	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0115	0.67	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0164	-9.83	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0100	0.76	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0107	-11.07	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0085	0.82	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0036	-12.35	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0072	0.85	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0051	-13.65	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0059	0.87	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0157	-14.92	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0048	0.86	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0283	-16.15	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0038	0.84	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0431	-17.29	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0029	0.81	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0602	-18.30	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0022	0.77	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0797	-19.14	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0015	0.72	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.1018	-19.73	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0009	0.67	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1265	-20.02	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0004	0.61	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1539	-19.93	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.56	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.1839	-19.38	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0003	0.50	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2166	-18.29	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0006	0.45	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 97606666.67 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 220 cm $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.001853432 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	220	10	12600	9.76E+07	0.002	0.623	99.81	-20.73	37.00	23.35

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x		
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0008	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.6234	99.81	-37.00
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0009	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.6176	80.85	-33.31
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0009	0.04	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.6016	63.86	-29.69
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0010	0.06	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.5777	48.79	-26.19
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0011	0.09	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.5476	35.57	-22.84
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0011	0.11	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.5131	24.10	-19.69
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0011	0.15	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.4756	14.28	-16.76
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0012	0.18	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.4362	5.98	-14.05
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0012	0.22	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.3961	-0.93	-11.58
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0011	0.26	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3561	-6.56	-9.35
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0011	0.31	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3169	-11.06	-7.35
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0009	0.36	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.2791	-14.54	-5.59
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0008	0.41	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2431	-17.13	-4.04
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0006	0.46	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2092	-18.93	-2.70
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0003	0.52	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1776	-20.07	-1.55
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.58	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1486	-20.64	-0.58
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.63	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1221	-20.73	0.22
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0009	0.69	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.0983	-20.43	0.87
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0014	0.74	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0769	-19.82	1.39
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0021	0.79	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0581	-18.95	1.79
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0028	0.84	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0416	-17.90	2.08
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0037	0.87	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0274	-16.72	2.29
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0047	0.89	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0152	-15.45	2.41
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0057	0.90	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0050	-14.13	2.47
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0069	0.88	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0035	-12.79	2.48
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0082	0.85	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0104	-11.47	2.43
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0096	0.79	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0158	-10.17	2.35
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0111	0.70	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0200	-8.93	2.25
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0127	0.57	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0230	-7.75	2.12
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0144	0.40	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0251	-6.65	1.98
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0161	0.19	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0263	-5.62	1.82
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0178	-0.08	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0269	-4.68	1.67
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0196	-0.40	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0269	-3.82	1.51
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0212	-0.79	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0263	-3.05	1.35
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0228	-1.24	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0254	-2.37	1.19
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0242	-1.77	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0242	-1.77	1.05
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0254	-2.37	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0228	-1.24	0.91
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0263	-3.05	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0212	-0.79	0.78
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0269	-3.82	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0196	-0.40	0.65
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0269	-4.68	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0178	-0.08	0.54
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0263	-5.62	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0161	-0.19	0.44
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0251	-6.65	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0144	-0.40	0.35
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0230	-7.75	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0127	0.57	0.27
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0200	-8.93	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0111	0.70	0.20
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0158	-10.17	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0096	0.79	0.14
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0104	-11.47	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0082	0.85	0.09
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0035	-12.79	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0069	0.88	0.04
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0050	-14.13	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0057	0.90	0.00
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0152	-15.45	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0047	0.89	-0.03
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0274	-16.72	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0037	0.87	-0.05
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0416	-17.90	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0028	0.84	-0.07
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0581	-18.95	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0021	0.79	-0.09
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0769	-19.82	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0014	0.74	-0.10
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.0983	-20.43	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0009	0.69	-0.10
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1221	-20.73	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0004	0.63	-0.11
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1486	-20.64	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.58	-0.11
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.1776	-20.07	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0003	0.52	-0.11
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2092	-18.93	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0006	0.46	-0.10

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 111530833.3 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 230 cm $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.001792659 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	230	10	12600	1.12E+08	0.002	0.603	103.20	-21.43	37.00	22.59

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x			S_x
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton	
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0008	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.6030	103.20	-37.00	
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0008	0.02	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.5973	83.59	-33.31	
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0009	0.04	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.5819	66.02	-29.69	
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0010	0.06	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.5588	50.44	-26.19	
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0010	0.09	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.5297	36.78	-22.84	
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0011	0.12	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.4963	24.92	-19.69	
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0011	0.15	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.4600	14.76	-16.76	
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0011	0.19	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.4219	6.18	-14.05	
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0011	0.23	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.3831	-0.96	-11.58	
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0011	0.27	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3444	-6.79	-9.35	
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0010	0.32	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.3065	-11.43	-7.35	
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0009	0.37	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.2699	-15.03	-5.59	
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0008	0.42	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2351	-17.71	-4.04	
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0006	0.48	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.2023	-19.58	-2.70	
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0003	0.54	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1718	-20.75	-1.55	
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.60	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1437	-21.34	-0.58	
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.66	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1181	-21.43	0.22	
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0008	0.71	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.0950	-21.12	0.87	
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0014	0.77	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0744	-20.49	1.39	
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0020	0.82	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0562	-19.60	1.79	
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0027	0.86	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0402	-18.51	2.08	
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0036	0.90	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0265	-17.29	2.29	
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0045	0.92	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0147	-15.97	2.41	
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0056	0.93	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0048	-14.61	2.47	
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0067	0.91	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0034	-13.23	2.48	
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0080	0.88	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0100	-11.86	2.43	
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0093	0.82	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0153	-10.52	2.35	
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0108	0.72	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0193	-9.23	2.25	
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0123	0.59	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0223	-8.02	2.12	
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0139	0.42	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0243	-6.87	1.98	
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0156	0.19	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0255	-5.81	1.82	
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0173	-0.08	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0260	-4.84	1.67	
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0189	-0.41	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0260	-3.95	1.51	
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0205	-0.81	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0255	-3.16	1.35	
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0221	-1.28	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0246	-2.45	1.19	
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0234	-1.83	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0234	-1.83	1.05	
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0246	-2.45	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0221	-1.28	0.91	
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0255	-3.16	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0205	-0.81	0.78	
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0260	-3.95	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0189	-0.41	0.65	
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0260	-4.84	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0173	-0.08	0.54	
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0255	-5.81	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0156	0.19	0.44	
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0243	-6.87	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0139	0.42	0.35	
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0223	-8.02	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0123	0.59	0.27	
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0193	-9.23	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0108	0.72	0.20	
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0153	-10.52	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0093	0.82	0.14	
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0100	-11.86	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0080	0.88	0.09	
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0034	-13.23	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0067	0.91	0.04	
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0048	-14.61	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0056	0.93	0.00	
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0147	-15.97	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0045	0.92	-0.03	
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0265	-17.29	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0036	0.90	-0.05	
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0402	-18.51	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0027	0.86	-0.07	
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0562	-19.60	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0020	0.82	-0.09	
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0744	-20.49	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0014	0.77	-0.10	
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.0950	-21.12	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0008	0.71	-0.10	
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1181	-21.43	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0004	0.66	-0.11	
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1437	-21.34	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.60	-0.11	
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.1718	-20.75	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0003	0.54	-0.11	
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.2023	-19.58	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0006	0.48	-0.10	

VIA ADICIONAL
PARA CARRO TRASPASO DE ACERO

VARIACIÓN DEL PERALTE DE LA VIGA

Viga de Fundación Longitudinal: Datos de Entrada

Q= 74 toneladas $I_x = 126720000 \text{ cm}^4$
 b= 110 cm $E_{H30} = 238752 \text{ kg/cm}^2$
 h= 240 cm $C = 10 \text{ kg/cm}^3$
 L= 126 m $\lambda = 0.001736341 \text{ cm}$

b	h	C	L	I_x	λ	Y_x	M_x^+	M_x^-	S_x	λL
cm	cm	kg/cm ³	cm	cm ⁴	cm	mm	Ton-m	Ton-m	Ton	metros
110	240	10	12600	1.27E+08	0.002	0.584	106.55	-22.13	37.00	21.88

Ax	A	B	C	D	Y_x			Ax	A	B	C	D	M_x			S_x
					mm	Ton-m	Ton						mm	Ton-m	Ton	
-7	0.0013	0.0006	0.0001	-0.0007	0.0008	0.01	0.03	0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.5840	106.55	-37.00	
-6.9	0.0014	0.0006	0.0002	-0.0008	0.0008	0.03	0.03	0.1	0.9907	0.0903	0.8100	0.9003	0.5786	86.30	-33.31	
-6.8	0.0015	0.0006	0.0004	-0.0010	0.0009	0.04	0.04	0.2	0.9651	0.1627	0.6398	0.8024	0.5636	68.16	-29.69	
-6.7	0.0016	0.0005	0.0006	-0.0011	0.0009	0.07	0.04	0.3	0.9267	0.2189	0.4888	0.7077	0.5412	52.08	-26.19	
-6.6	0.0017	0.0004	0.0009	-0.0013	0.0010	0.09	0.05	0.4	0.8784	0.2610	0.3564	0.6174	0.5130	37.97	-22.84	
-6.5	0.0018	0.0003	0.0011	-0.0015	0.0010	0.12	0.05	0.5	0.8231	0.2908	0.2415	0.5323	0.4807	25.73	-19.69	
-6.4	0.0018	0.0002	0.0015	-0.0017	0.0011	0.16	0.06	0.6	0.7628	0.3099	0.1431	0.4530	0.4455	15.24	-16.76	
-6.3	0.0019	0.0000	0.0018	-0.0018	0.0011	0.19	0.07	0.7	0.6997	0.3199	0.0599	0.3798	0.4087	6.38	-14.05	
-6.2	0.0019	-0.0002	0.0022	-0.0020	0.0011	0.23	0.07	0.8	0.6354	0.3223	-0.0093	0.3131	0.3711	-0.99	-11.58	
-6.1	0.0018	-0.0004	0.0026	-0.0022	0.0010	0.28	0.08	0.9	0.5712	0.3185	-0.0657	0.2527	0.3336	-7.01	-9.35	
-6	0.0017	-0.0007	0.0031	-0.0024	0.0010	0.33	0.09	1	0.5083	0.3096	-0.1108	0.1988	0.2969	-11.80	-7.35	
-5.9	0.0015	-0.0010	0.0036	-0.0025	0.0009	0.38	0.09	1.1	0.4476	0.2967	-0.1457	0.1510	0.2614	-15.52	-5.59	
-5.8	0.0013	-0.0014	0.0041	-0.0027	0.0007	0.44	0.10	1.2	0.3899	0.2807	-0.1716	0.1091	0.2277	-18.28	-4.04	
-5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	-0.0028	0.0006	0.49	0.10	1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	0.0729	0.1959	-20.21	-2.70	
-5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	-0.0029	0.0003	0.55	0.11	1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	0.0419	0.1664	-21.43	-1.55	
-5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	-0.0029	0.0000	0.62	0.11	1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	0.0158	0.1392	-22.03	-0.58	
-5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	-0.0029	-0.0004	0.68	0.11	1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	-0.0059	0.1144	-22.13	0.22	
-5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	-0.0028	-0.0008	0.74	0.10	1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	-0.0235	0.0921	-21.81	0.87	
-5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	-0.0026	-0.0013	0.79	0.10	1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	-0.0376	0.0721	-21.15	1.39	
-5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	-0.0023	-0.0020	0.85	0.09	1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	-0.0484	0.0544	-20.23	1.79	
-5	-0.0045	-0.0065	0.0084	-0.0019	-0.0027	0.89	0.07	2	0.0667	0.1231	-0.1794	-0.0563	0.0390	-19.11	2.08	
-4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	-0.0014	-0.0035	0.93	0.05	2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	-0.0618	0.0256	-17.85	2.29	
-4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	-0.0007	-0.0044	0.95	0.03	2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	-0.0652	0.0142	-16.49	2.41	
-4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	0.0001	-0.0054	0.96	0.00	2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	-0.0668	0.0047	-15.08	2.47	
-4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	0.0011	-0.0065	0.94	-0.04	2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	-0.0669	-0.0033	-13.66	2.48	
-4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	0.0023	-0.0077	0.91	-0.09	2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	-0.0658	-0.0097	-12.24	2.43	
-4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	0.0038	-0.0090	0.84	-0.14	2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	-0.0636	-0.0148	-10.86	2.35	
-4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	0.0054	-0.0104	0.75	-0.20	2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	-0.0608	-0.0187	-9.53	2.25	
-4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	0.0074	-0.0119	0.61	-0.27	2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	-0.0573	-0.0216	-8.28	2.12	
-4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	0.0095	-0.0135	0.43	-0.35	2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	-0.0534	-0.0235	-7.09	1.98	
-4	-0.0258	-0.0139	0.0019	0.0120	-0.0151	0.20	-0.44	3	-0.0423	0.0070	-0.0563	-0.0493	-0.0247	-6.00	1.82	
-3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	0.0147	-0.0167	-0.08	-0.54	3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	-0.0450	-0.0252	-5.00	1.67	
-3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	0.0177	-0.0183	-0.43	-0.65	3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	-0.0407	-0.0252	-4.08	1.51	
-3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	0.0210	-0.0199	-0.84	-0.78	3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	-0.0364	-0.0247	-3.26	1.35	
-3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	0.0245	-0.0214	-1.32	-0.91	3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	-0.0323	-0.0238	-2.53	1.19	
-3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	0.0283	-0.0227	-1.88	-1.05	3.5	-0.0389	-0.0106	-0.0177	-0.0283	-0.0227	-1.88	1.05	
-3.4	-0.0408	-0.0085	-0.0237	0.0323	-0.0238	-2.53	-1.19	3.6	-0.0366	-0.0121	-0.0124	-0.0245	-0.0214	-1.32	0.91	
-3.3	-0.0422	-0.0058	-0.0306	0.0364	-0.0247	-3.26	-1.35	3.7	-0.0341	-0.0131	-0.0079	-0.0210	-0.0199	-0.84	0.78	
-3.2	-0.0431	-0.0024	-0.0383	0.0407	-0.0252	-4.08	-1.51	3.8	-0.0314	-0.0137	-0.0040	-0.0177	-0.0183	-0.43	0.65	
-3.1	-0.0431	0.0019	-0.0469	0.0450	-0.0252	-5.00	-1.67	3.9	-0.0286	-0.0139	-0.0008	-0.0147	-0.0167	-0.08	0.54	
-3	-0.0423	0.0070	-0.0563	0.0493	-0.0247	-6.00	-1.82	4	-0.0258	-0.0139	0.0019	-0.0120	-0.0151	0.20	0.44	
-2.9	-0.0403	0.0132	-0.0666	0.0534	-0.0235	-7.09	-1.98	4.1	-0.0231	-0.0136	0.0040	-0.0095	-0.0135	0.43	0.35	
-2.8	-0.0369	0.0204	-0.0777	0.0573	-0.0216	-8.28	-2.12	4.2	-0.0204	-0.0131	0.0057	-0.0074	-0.0119	0.61	0.27	
-2.7	-0.0320	0.0287	-0.0895	0.0608	-0.0187	-9.53	-2.25	4.3	-0.0179	-0.0124	0.0070	-0.0054	-0.0104	0.75	0.20	
-2.6	-0.0254	0.0383	-0.1019	0.0636	-0.0148	-10.86	-2.35	4.4	-0.0155	-0.0117	0.0079	-0.0038	-0.0090	0.84	0.14	
-2.5	-0.0166	0.0491	-0.1149	0.0658	-0.0097	-12.24	-2.43	4.5	-0.0132	-0.0109	0.0085	-0.0023	-0.0077	0.91	0.09	
-2.4	-0.0056	0.0613	-0.1282	0.0669	-0.0033	-13.66	-2.48	4.6	-0.0111	-0.0100	0.0089	-0.0011	-0.0065	0.94	0.04	
-2.3	0.0080	0.0748	-0.1416	0.0668	0.0047	-15.08	-2.47	4.7	-0.0092	-0.0091	0.0090	-0.0001	-0.0054	0.96	0.00	
-2.2	0.0244	0.0896	-0.1548	0.0652	0.0142	-16.49	-2.41	4.8	-0.0075	-0.0082	0.0089	0.0007	-0.0044	0.95	-0.03	
-2.1	0.0439	0.1057	-0.1675	0.0618	0.0256	-17.85	-2.29	4.9	-0.0059	-0.0073	0.0087	0.0014	-0.0035	0.93	-0.05	
-2	0.0667	0.1231	-0.1794	0.0563	0.0390	-19.11	-2.08	5	-0.0045	-0.0065	0.0084	0.0019	-0.0027	0.89	-0.07	
-1.9	0.0932	0.1415	-0.1899	0.0484	0.0544	-20.23	-1.79	5.1	-0.0033	-0.0056	0.0079	0.0023	-0.0020	0.85	-0.09	
-1.8	0.1234	0.1610	-0.1985	0.0376	0.0721	-21.15	-1.39	5.2	-0.0023	-0.0049	0.0075	0.0026	-0.0013	0.79	-0.10	
-1.7	0.1576	0.1812	-0.2047	0.0235	0.0921	-21.81	-0.87	5.3	-0.0014	-0.0042	0.0069	0.0028	-0.0008	0.74	-0.10	
-1.6	0.1959	0.2018	-0.2077	0.0059	0.1144	-22.13	-0.22	5.4	-0.0006	-0.0035	0.0064	0.0029	-0.0004	0.68	-0.11	
-1.5	0.2384	0.2226	-0.2068	-0.0158	0.1392	-22.03	0.58	5.5	0.0000	-0.0029	0.0058	0.0029	0.0000	0.62	-0.11	
-1.4	0.2849	0.2430	-0.2011	-0.0419	0.1664	-21.43	1.55	5.6	0.0005	-0.0023	0.0052	0.0029	0.0003	0.55	-0.11	
-1.3	0.3355	0.2626	-0.1897	-0.0729	0.1959	-20.21	2.70	5.7	0.0010	-0.0018	0.0046	0.0028	0.0006	0.49	-0.10	

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **American Institute of Steel Construcción, Inc. (AISC) (1994)**, “Load and Resistanse Factor Design”, Volume I, Second Edition, USA.
2. **Agencia de cooperación Internacional del Japón, JICA (1991)**, “Estudio del plan maestro sobre la modernización y rehabilitación de ENFE”, BOLIVIA.
3. **Asociación del Congreso Panamericano de Ferrocarriles A.C.P.F. (1979)**, “XVI Congreso Panamericano de Ferrocarriles”, Boletín N° 256, Washington, USA.
4. **Asociación del Congreso Panamericano de Ferrocarriles A.C.P.F. (1984)**, “XVI Congreso Panamericano de Ferrocarriles”, Boletín N° 290, Washington, USA.
5. **NILSON, Arthur**, (2001) “Diseño de Estructura de Concreto”
6. **CRESPO, Carlos (1996)** “Vías de Comunicación, Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos y Puertos”, 3 Edición, MÉXICO.
7. **BOWLES, Joseph E. (1977)**, Foundation Analisis and Design, Second Edition, USA
8. **GARCÍA Lomas, José María (1965)** “Tratado de Explotación de Ferrocarriles”, Tomo 1, 3ª Edición, Editorial Madrid, ESPAÑA.
9. **LEÓN, Guido (1999)** “Ferrocarriles”, Apuntes de la materia, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Oruro, Oruro, BOLIVIA.
10. **LEÓN, Guido (2000)** “Vías Férreas”, Apuntes de la materia, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, BOLIVIA.
11. **MERRITT, Frederick S. (1992)** “Manual del Ingeniero Civil”, Tomo 3, 3ª Edición, Editorial Mc Graw Hill, MÉXICO.
12. **Revista General de Ingeniería Ferroviaria (1990)**, “Revista Técnica de los Ferrocarriles”, Revista N° 29, ALEMANIA
13. **TOGNO, Francisco (1968)** “Ferrocarriles”, 1ª Edición, MÉXICO.

14. **OLIVERO RIVES, Fernando y LOPEZ PITA, Andres (1977)** “Tratado de Ferrocarriles”
Editorial Rueda, MADRID.
15. **WAIS, Francisco** “Compendio de explotación técnica de ferrocarriles”
16. **NORMA LNV 97-86 (AASHTO T 221-66)**
17. **NORMA LNV 98-86 (AASHTO T222-81)**
18. **HENRY F. D. C. & R. H. Evans**, The Design And Construction Of Engineering
Foundations, USA
19. **M.S. SPOTTS Y T.E. SHOUP**, Elementos de Máquinas, 3ª Edición.

REFERENCIAS EN INTERNET

20. Páginas en Internet de la organización Trainweb sobre Paginas Técnicas,
www.trainweb.org/railwaytechnical/
21. Páginas en Internet de Transportes de la Universidad de Zaragoza,
<http://www.cps.unizar.es/~transp/Ferrocarriles/>
22. <http://www.itisa.com.mx/>
23. http://www.northeast.railfan.net/pro_faq2.html
24. <http://www.spikesys.com/yards.html/>