



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento de Ingeniería Mecánica**

## Diseño de línea de producción de alimento para animales utilizando Lombrices.

**Seminario de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero de Ejecución en Mecánica.**

**Profesor Guía:**

**Sr. Osvaldo Amigo Riquelme**

María René Oviedo Oliva.

Nicolás Andrés Figueroa Figueroa.

2014

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero dedicar este gran logro a mi familia; a mis 4 padres, abuela, hermanos, primos, tíos, amigos y compañeros, que si no fuera por la motivación y preocupación que me entregaban día a día, no sé si hubiera podido lograr esto.

Seguir agradeciendo a cada uno de mis profesores del Depto. de Ingeniería Mecánica, por guiarme, formarme como profesional, apoyarme en tantas cosas y dar ánimo cuando más lo necesite.

Agradecer al Profesor Osvaldo Amigo Riquelme, que sin duda fue un muy buen mentor y un gran apoyo para llevar a cabo este Seminario, agradecerle la disponibilidad diaria que tuvo con nosotros y cada recomendación y consejo de vida que me dio; GRACIAS.

Agradecer a mis padres que sin su esfuerzo, sin su apoyo, sin su amor, no estaría acá donde estoy, todo es por ustedes.

Nicolás agradecerte por la paciencia, el cariño y la compañía, a pesar de todo creo que hicimos un buen equipo y este es el fruto.

Gracias DIOS.

María René Oviedo Oliva.

Fueron muchas las personas que de alguna manera u otra colaboraron con la realización de este proyecto, por ende agradezco inmensamente a todas estas personas.

En primera instancia agradezco a mí abuela, hermana, madre y familia que con gracias a su esfuerzo, cariño y a su constante apoyo pude superar esta etapa tan importante. A ti Natalia Gutiérrez Macaya porque no hubo día en el que tu constante apoyo me brindó esperanza en los momentos difíciles.

Un especial agradecimiento a mi Profesor Osvaldo Amigo, el cual me brindó todas las herramientas para realizar el proyecto.

Además de ello, agradecer a todas aquellas empresas que me otorgaron la oportunidad de participar en sus establecimientos obteniendo los conocimientos necesarios para mi formación y realización de este proyecto. Además de agradecer el cariño, afecto, respeto y momentos inolvidables que experimenté con los departamentos de mantención.

Por otra parte agradecer a los académicos de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad del Bío-Bío, quienes con su formación, entregan una serie de conocimientos y valores con el objetivo de formar profesionales integrales.

A mis amistades y compañeros porque con ellos forme un camino que del cual permanecerá con el transcurso del tiempo en mi memoria. A mi compañera de seminario, María Oviedo que a pesar de las dificultades a lo largo de este semestre, logramos alcanzar nuestro objetivo principal.

Nicolás Andrés Figueroa Figueroa.

## **Sumario**

Dentro del reino animal se encuentra una gama de seres vivos, de los cuales nos enfocaremos en uno en particular, Eisenia Foetida, o sea, Lombriz Roja Californiana. Este pequeño viviente tiene características que la hace adecuada para la fabricación de harina de lombriz.

Para la elaboración de este alimento se ha propuesto un plan de diseño de la línea de producción, este plan fue hecho bajo los estudios y experiencias encontradas en apuntes de investigaciones, obteniendo la información necesaria para así poder obtener el producto final.

Con respecto a la información recopilada, existe una variable muy importante, que es la cantidad de producción de harina de lombriz. Esto se logra con la demanda que se genera de los consumidores, esta demanda se produce por el consumo de este alimento por el ganado y aves, que siendo en un periodo de 30 días su consumo llega a ser de 50 kg de harina aproximadamente.

En relación a las etapas necesarias para la elaboración, se determinan 3 fases; comenzando por el lavado de la materia prima. Esta primera etapa se subdivide en tres pasos, sacrificio, desinfectado y enjuague; finalizando esta etapa inicia la etapa de deshidratación, es donde la lombriz reduce su cantidad de agua en su cuerpo a un 12% aproximadamente, ya seca la lombriz pasamos a la última etapa, la trituración, es aquí donde se ve el cambio de lombriz a harina, siendo ésta de diferentes tamaños por la variedad de animales que consumirán este producto.

En consecución al costo de la harina de lombriz se ha investigado y se ha llegado a la conclusión que llega a ser muy alto en comparación a la harina de pescado o proteína de vacuno, siendo éstas sus competencias como proteína animal en el mercado, pero esto no quiere decir que este producto sea de este valor, todo lo contrario, se estableció que el costo será calculado dependiendo a los costos variables del proyecto en sí, para así poder hacer una comparación de precios y llegar a un valor final que pasara por encima de otra proteína animal.

En cuanto al financiamiento, se costeará la mayor parte de los gastos por un aporte entregado por un sistema de ayuda del gobierno, lo que favorece las utilidades monetarias. Estas irán en aumento con el tiempo, ya que no solo se obtiene harina de las lombrices sino que otros productos que también dan ingresos extras.

## **TABLA DE CONTENIDOS**

### **CAPITULO 1: Generalidades**

1.1. Introducción.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivos generales.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Conceptos básicos.....	4
1.3.1. Historia.....	4
1.3.2. Clasificación de las Lombrices.....	5
1.3.3. Características Morfológicas.....	6
1.4. Reproducción.....	7
1.5. Crecimiento y Desarrollo.....	8
1.6. Principales ventajas.....	9

### **CAPITULO 2: Proceso.....11**

2.1. Diseño de la línea de proceso.....	11
2.1.1. Layout.....	12
2.1.2. Diseño del Lavadero.....	15
2.2. Análisis cuantitativo del proceso.....	16

### **CAPITULO 3: Etapa de lavado.....19**

3.1. Lavado.....	19
3.1.1. Sacrificio.....	19
3.1.2. Lavado desinfectante.....	19
3.1.3. Lavado de agua pura.....	20
3.2. Diseño de conjunto de etapa de lavado.....	20

3.3. Cálculo del estanque y estructura para la etapa de lavado mediante el método de Elementos Finitos.....	21
3.3.1. Presentación del problema.....	21
3.4. Antecedentes, materiales y cargas a considerar en el diseño para la estructura del lavadero.....	22
3.4.1. Determinación de las cargas para estructura de contenedor.....	22
3.4.2. Verificación de la flexión.....	26
3.4.3. Cálculo estático de la estructura del soporte del lavadero.....	28
3.4.4. Presión del contenedor solo.....	31
3.4.5. Dimensionamiento del marco.....	35
3.4.6. Verificación de la columna al pandeo.....	36
3.5. Antecedentes, materiales y cargas a considerar en el diseño para la estructura del soporte del tecele.....	40
3.5.1. Determinación de las cargas para estructura del estanque.....	40
3.5.2. Verificación de la Flexión.....	43
3.5.3. Cálculo estático de la estructura del soporte del lavadero.....	47
3.5.4. Dimensionamiento del marco.....	50
3.5.5. Verificación de la columna al pandeo.....	51
3.6. Conclusión.....	55
<b>CAPITULO 4: Etapa de Secado.....</b>	<b>56</b>
4.1. Selección del horno.....	57
<b>CAPITULO 5: Etapa de Molienda.....</b>	<b>59</b>
5.1. Selección de la Moledora.....	59
5.2. Envasado.....	61
<b>CAPITULO 6: Fiabilidad de la Renta para la puesta en Marcha.....</b>	<b>62</b>
6.1. Determinación del Precio.....	62
6.2. Costos fijos y variables.....	63
6.2.1. Costos fijos.....	63

6.2.2. Costos variables.....	64
6.2.3. Conclusión.....	65
6.3. Posibilidades de financiamiento.....	67
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## Capítulo 1

### GENERALIDADES

#### 1.1. Introducción

Muchas veces al visualizar el entorno en que se vive se observan construcciones, alimentos, y objetos comunes, que de los cuales la población jamás se llega a preguntar, ¿Cómo se obtuvo?, ¿Cuál fue su proceso?, ¿Cómo se diseñó? Lo que mucha gente no percibe es que para llegar al resultado final de dicho producto, este debe pasar por etapas las cuales se resumen en un estudio y planteamiento del problema para poder diseñar una línea de producción que le entregará las cualidades y propiedades que va adquirir el producto final. Para lograr este producto se debe saber ¿qué es lo que tengo? Y ¿qué es lo que quiero obtener?, es decir, la materia prima y producto final. Al tener esto claro se podrá comenzar a considerar el futuro diseño de la línea de producción considerando los equipos necesarios para cada etapa por la que deberá pasar el producto hasta el final.

Una línea de producción es un conjunto de elementos y máquinas que están destinadas a la producción de elementos, alimentos, productos, piezas etc. Los cuales pueden ser en cantidad o individuales. Este(os) elemento(s) deben pasar por etapas que deben ser manejadas y observadas con estricta seriedad y responsabilidad ya que si no se llega a este objetivo los productos podrían ser rechazados en una etapa previa a la etapa de obtención, para así ser envasados y comercializados a diversos clientes.

La producción de harina de lombriz tiene como objetivo servir como aporte proteico para la alimentación de animales y aves y es aquí donde comienza nuestra elaboración de la línea, buscando una alternativa, siendo esta la utilización de la LOMBRIZ EISENIA FOETIDA o mejor conocida como la LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA siendo nuestra especie principal para obtener la harina de lombriz, con un costo de producción un poco más elevado, pero con un porcentaje de proteínas y calidad aun mayor a la ya comercializada, harina de pescado o proteína de vacuno.

[1] La información fue extraída de una página web, indicada en la bibliografía.

La harina de lombriz es un complemento alimenticio 100% natural, orgánico sin ningún tipo de mezcla. Tiene un elevado y perfecto balance natural de nutrientes que no se encuentra en ningún otro espécimen debido a que la lombriz se alimenta de pura materia orgánica. Esta harina posee entre el 65 y 75 % de proteínas lo que la constituye en un poderoso anabolizante natural.

Las propiedades de la harina de lombriz, acelera el crecimiento y desarrollo, desenvuelve la musculatura, aumenta el peso, cobra deficiencia de proteínas y aminoácidos, mejora la calidad de vida de los animales viejos, mejora la pluma en caso de las aves y el pelo de los animales y lo mejor es que tiene un sabor agradable para ellos, ya que prácticamente es carne.

Para obtenerla se deberán seguir los siguientes procesos que consistirán en las etapas de lavado, secado, triturado de las lombrices y posteriormente en el envasado del producto. Producto que serán clasificados en la etapa de triturado ya que en ella se obtendrá harina de variables tamaños de granos. Esto a objeto de ofrecer una gama de productos para los clientes que buscan un alimento entero o molido para la mezcla del alimento común de sus animales o aves.

Una vez analizado el diseño de producción deberá evaluarse la producción versus la rentabilidad del producto y por último algunas probabilidades para financiar el proyecto.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivos Generales**

Diseñar una línea de producción de alimento para animales y aves usando lombrices.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- ◆ Determinar tamaño y cada equipo necesario para lavar, secar y moler.
- ◆ Analizar y diseñar el sistema de producción.
- ◆ Determinación de tamaño de producción de lombrices.
- ◆ Fiabilidad de la renta.
- ◆ Analizar probabilidad de financiamiento.

## **1.3. Conceptos Básicos** <sup>[1]</sup>

### **1.3.1 Historia**

Su historia se remonta a tiempos inmemoriales, el rol de las lombrices siempre ha sido el mejoramiento de las tierras de cultivo, esto era bien conocido en el Antiguo Egipto, por eso los faraones tenían previsto sanciones para aquellos que las lastimaran o dañaran.

El filósofo griego Aristóteles las nombró como los “intestinos de la tierra”. Los romanos lograron considerar importantes a las lombrices. A comienzos del siglo XIX se descubre su verdadera importancia en el ecosistema.

Se comenta que los indios americanos consideraban a las lombrices una fuente de alimentación, pero quien comienza con la explotación de lombrices es Thomas Barret en el año de 1920 en California. En aquella época, el suizo Albert Roth es quien logra introducir desde Europa a Sudamérica a las lombrices para fines agrícolas.

<sup>[1]</sup> La información fue extraída de una página web, indicada en la bibliografía.

### **1.3.2. Clasificación de lombrices.**

Existe un gran número de familias, especies y subespecies que han ido ocupando mares, lechos lodosos de lagunas y las capas superiores de casi todos los suelos del planeta.

Desde el punto de vista ecológico, los gusanos de tierra pueden dividirse en tres grandes familias:

- ❖ EPÍGEAS
- ❖ ENDÓGEAS
- ❖ ANÉCICAS

Para efectos prácticos nos enfocaremos en la lombriz doméstica (Roja Californiana) producida en cautiverio para poder desarrollar la Lombricultura modificando el hábito migratorio de éstas, lo cual se logró después de largos 14 años de investigación.

Las características que adquirió la lombriz fueron las capacidades de vivir en altas densidades sin que se altere sus efectos conductuales y su sedentarismo para mantenerla en cautiverio sin que se fugue.

El nombre de californiana es netamente porque su estudio se realizó en el estado de California, EE.UU. Aquí se descubrieron las propiedades para el ecosistema que éstas tienen y aquí nacieron los primeros criaderos que por razones de crianza, reproducción, y la variedad de desechos orgánicos que ingiere esta lombriz y sus variedades son las adecuadas para una producción intensiva de humus y una leve de harina.

**Tabla N°1.1:** *Clasificación de lombriz roja californiana.*

Reino	Animal
Tipo	Anélido
Clase	Oligoqueto
Orden	Opisthoro
Familia	Lombricidae
Genero	Eisenia
Especie	E. Foetida

### 1.3.3. Características morfológicas

Es de color rojo oscuro, cuerpo alargado, cilíndrico y puntiagudo en los extremos.

Mide de 6 a 8 cm de largo, de 3 a 5 mm de diámetro y pesa aprox. 1 gramo al llegar al estado adulto. Ingiere de alimento diariamente una cantidad equivalente a su peso, de la cual expele en forma de humus el 60% y el 40% restante lo utiliza para sustento. Respira a través de su piel.

Sensible a la luz solar ya que los rayos pueden producir la muerte rápidamente sin tener la oportunidad de escabullirse en la tierra.

Su sistema muscular está desarrollado en todos los sentidos (circular, longitudinal), esto quiere decir que puede moverse libremente en todas las direcciones produciendo cualquier tipo de movimiento.

Su cuerpo está compuesto de una serie de anillos que permite la adhesión al suelo, logrando estirar y recoger su cuerpo para permitir el desplazamiento deseado.



**Figura N° 1.1.** *Eisenia Foetida*

#### **1.4. Reproducción**

Las lombrices son hermafroditas, pero esto no implica la existencia de autofecundación, por lo cual los individuos deben tener contacto para llegar al apareamiento y así transferir sus gametos.

El sistema reproductor masculino está formado por dos pares de pequeños testículos con un conducto deferente que comunica con el poro masculino y dos vesículas seminales.

El sistema reproductor femenino comprende, un par de ovarios que comunican al exterior con los oviductos, y los receptáculos seminales en los que se almacenan los espermatozoides recibidos durante la cópula, hasta el momento de la fecundación.

Con las condiciones adecuadas, se deposita en la parte superior de la corteza terrestre una cápsula o huevo con un contenido que fluctúa entre 2 y 20 embriones.

La lombriz Roja Californiana alcanza la madurez sexual a los 3 meses de edad, cuando aparece el órgano reproductor o clitelium, comenzando el nuevo ciclo de la reproducción, pero llegan a ser adulta cuando cumplen los siete meses.



**Figura N° 1.2.** *Huevo de Lombriz.*

### **1.5. Crecimiento y desarrollo**

Concluyendo el periodo de incubación, de 14 a 21 días, las crías rompen la envoltura de la cápsula llegando a nacer de cada huevo entre 2 y 20 pequeñas lombrices. El grupo de estas pequeñas son de color blanco y su longitud es de 4 mm aproximadamente.

Al cabo de 5 o 6 días adquieren una tonalidad rosa y miden 7mm. Llegando a los 15 a 20 días a tomar una coloración roja y miden de 12 a 15 mm. A los 90 días miden 3 centímetros, se tornan de color rojo oscuro y se asemejan fenotípicamente a sus progenitores.

Desde que se liberan de la cápsula, nacimiento, comen por sí mismas y lo único que necesitan para su crecimiento y desarrollo es el sustrato donde este al ser encontrado debe ser lo suficientemente húmedo y tierno para ser ingerido por su minúscula boca.



**Figura N° 1.3.** *Cría saliendo de cápsula.*

## **1.6. Principales ventajas de la Lombricultura.**

Con la Lombricultura se produce el ya mencionado humus o la harina de lombriz a objeto de:

- ✦ Mejorar la estructura del suelo.
- ✦ Sustituir la fertilización química.
- ✦ Activar los procesos biológicos del suelo.
- ✦ Aumentar las defensas contra plagas y enfermedades de las plantas.
- ✦ Para la alimentación de animales, ya sea viva o procesada en harina.
- ✦ Alimentación humana.
- ✦ Carnada de pesca.
- ✦ Obtención del fluido (té de lombriz).
- ✦ Aminoácidos: Esta Harina contiene 20 de los 24 aminoácidos conocidos y los 10 más esenciales, sin los cuales la falta o escasez de un aminoácido, la eficiencia de los otros se reduce proporcionalmente.
- ✦ Vitaminas y Sales Minerales: La amplia gama de Vitaminas entre las que están las variables de las A, B, H, así como
- ✦ Sales Minerales, dan la garantía de un valor nutricional de muy alta calidad y cantidad.



**Figura N° 1.4.** *Humus*



**Figura N° 1.5.** *Galletas de lombriz*



**Figura N° 1.6.** *Té.*

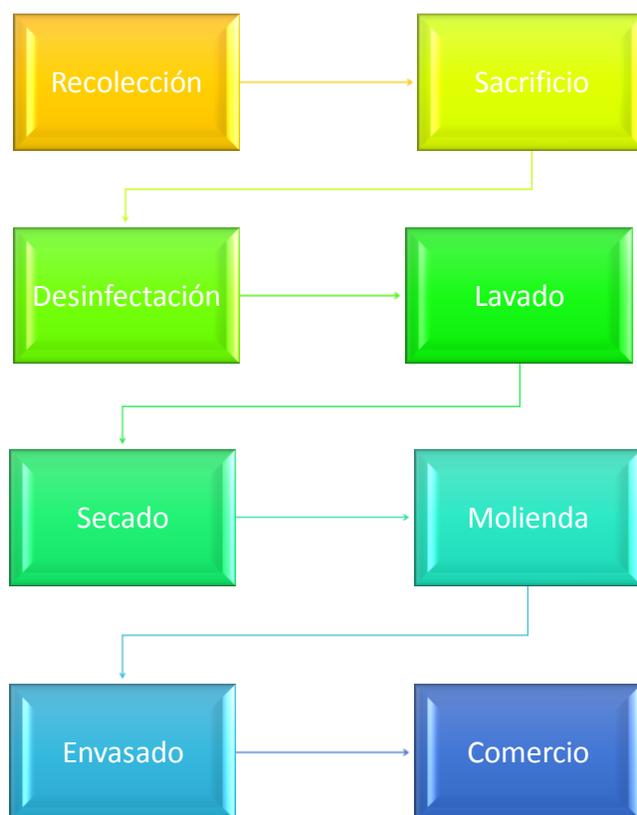
## Capítulo 2

### PROCESO

#### 2.1. Diseño de la línea de proceso

Para la elaboración de harina de lombriz se hace necesario diseñar una línea de producción por lo que seguiremos un procedimiento de solución lógica para plantear las etapas que deberemos seguir.

Por lo anterior proponemos el siguiente plan a considerar:

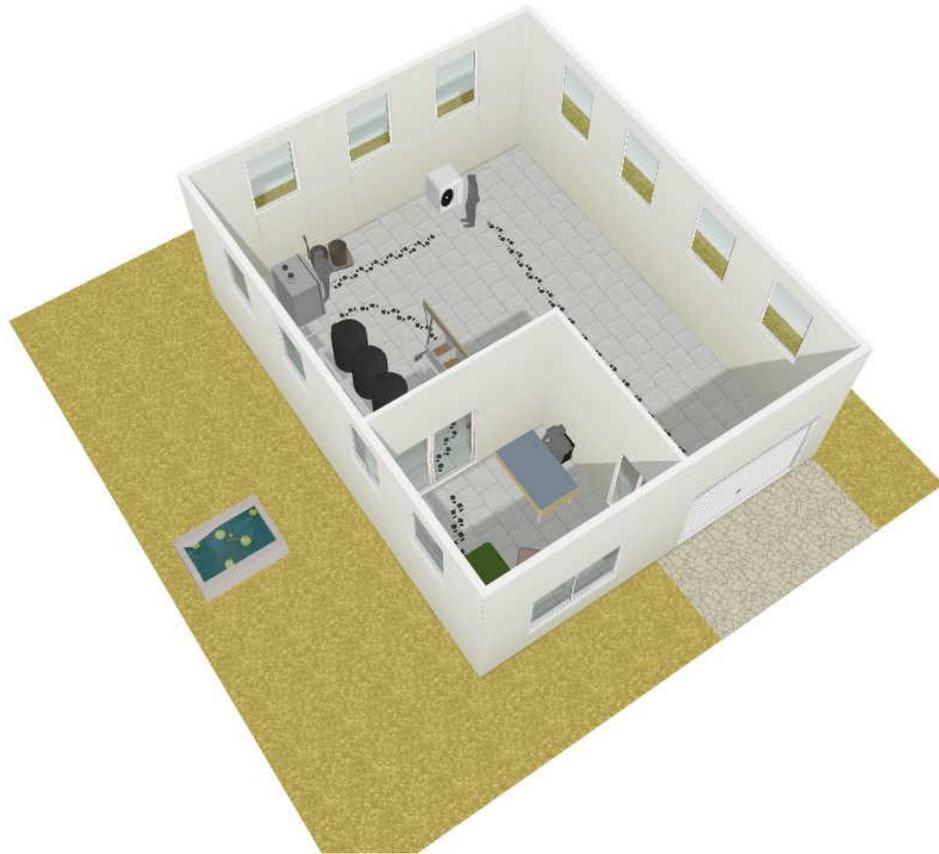


### 2.1.1. Trazado/Disposición.

Después de tener claras las etapas que debemos seguir, se creó un bosquejo inicial en el programa FLOORPLANNER (online), para tener un idea de cómo quedará el diseño y así poder dimensionar mucho mejor la distribución de las máquinas y elementos.



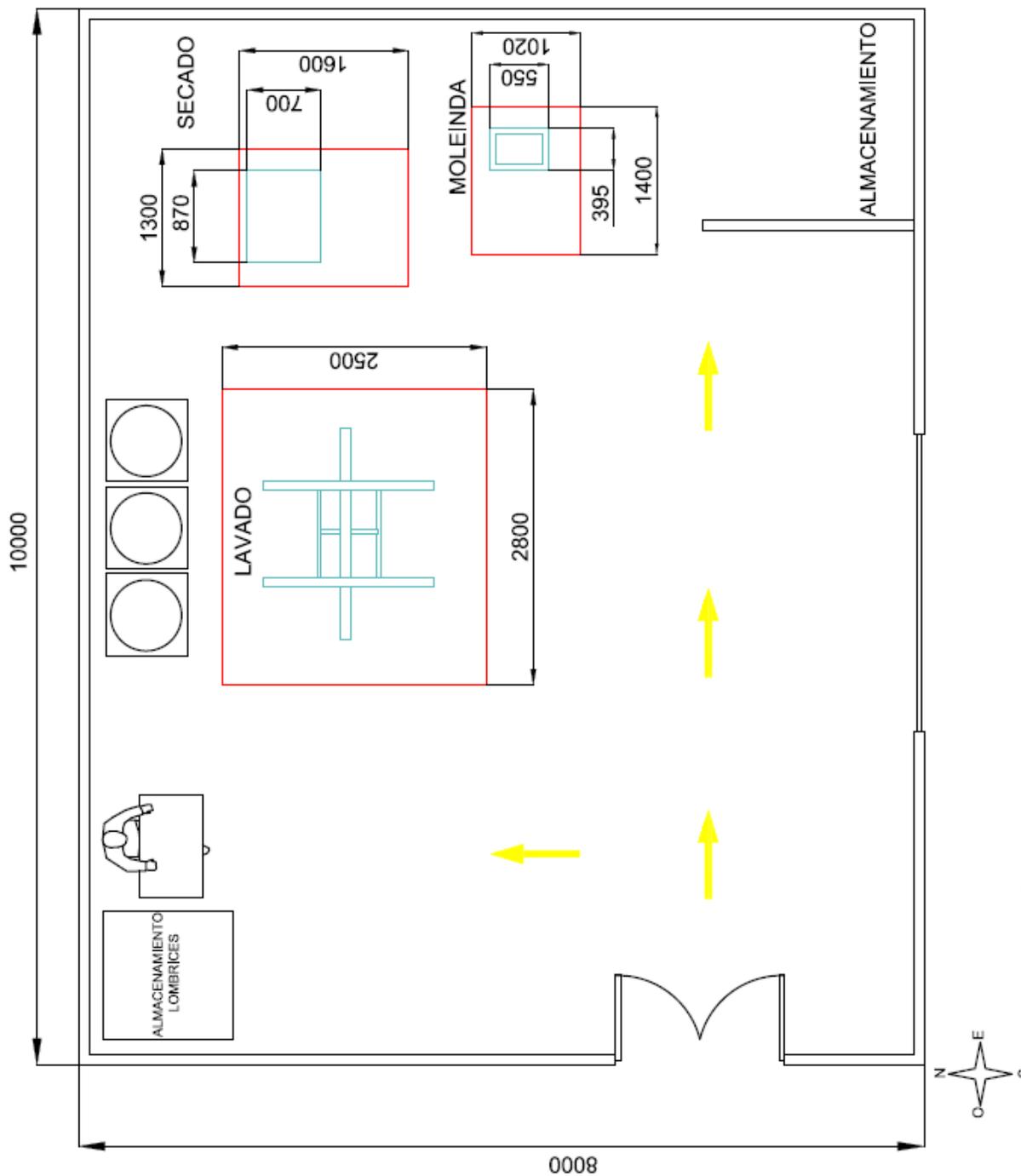
Figura N° 2.1. Vista de Planta.



**Figura N° 2.2.** *Imagen en 3D.*

Finalmente se reajustó el bosquejo anterior, reacomodado con dimensiones semejantes a la realidad, en el software AUTOCAD para así poder realizar el layout del diseño destacando solamente dimensiones principales, ya que para en el futuro se pueda seguir haciendo las modificaciones que se estimen convenientes.

Layout realizado en software AUTOCAD; Línea de Producción propuesta.



### 2.1.2 Diseño lavadero

Por último dejar en claro que solo se diseñará la etapa de lavado, ya que es más complicado y delicado aplicar este proceso en la lombriz; no así las otras etapas principales siguientes que sería el secado y la molienda, ya que para eso solo necesitamos máquinas.

Este es el diseño que se decidió para el lavadero (etapa de lavado), que será explicado más detalladamente en el siguiente capítulo.

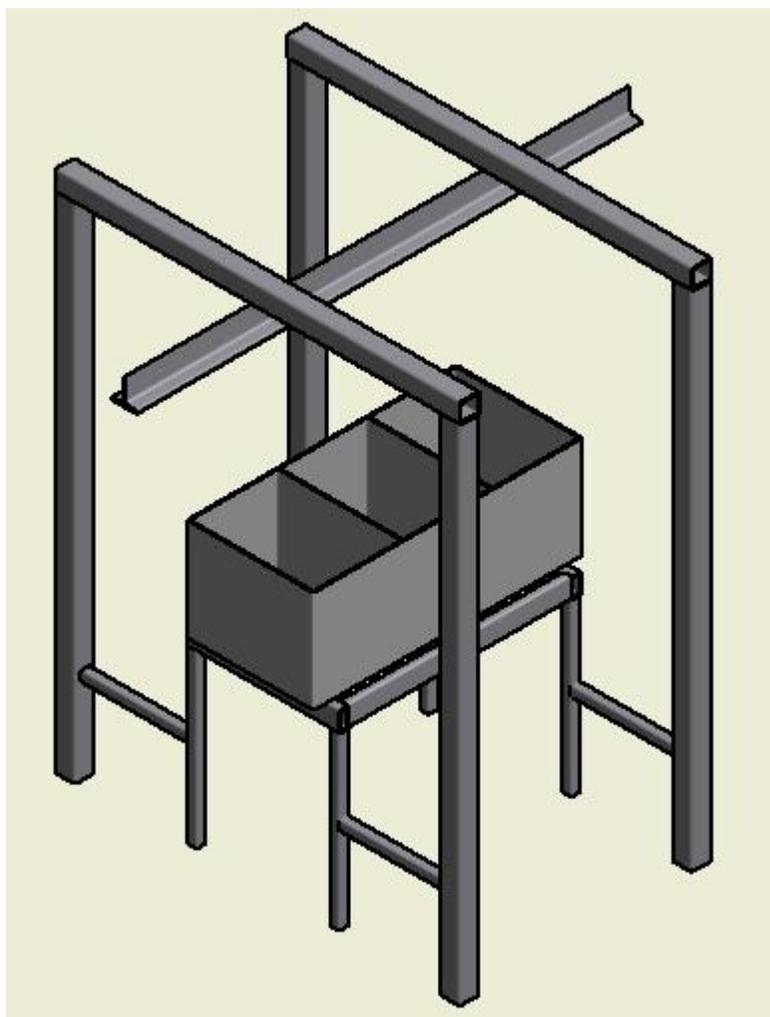


Figura N° 2.3. *Diseño del Lavadero*

## 2.2. Análisis cuantitativo del proceso

Para determinar el tamaño de producción debemos considerar que se trabajará con 10 familias de los alrededores, las cuales realizando Lombricultura abastecerán el proyecto con las lombrices que ellas cultiven.

La siguiente tabla de datos es para tener una idea de la reproducción de la lombriz y lo que conlleva la Lombricultura , concluyendo que esto es prácticamente un negocio para los que provean al proyecto de lombrices.

**Tabla N°2.1 Referencia de reproducción de Lombriz**

0 MES	A LOS 3 MESES	A LOS 6 MESES	A LOS 9 MESES	A LOS 12 MESES
Población inicial de lombrices	1ª Generación	2ª Generación	3ª Generación	4ª Generación
1000	10.000	100.000	1.000.000	10.000.000
Lombrices 1 Kg	10	100	1.000	10.000
Alimento 1 Kg/día	10	100	1.000	10.000
Lombricompuesto 0.6 Kg/día	6	60	600	6.000
Proteína 0.04 Kg/día	0.4	4	40	400

Luego de tener en cuenta estos datos, se procederá a determinar la producción:

Datos a considerar:

Peso lombriz: 1 gramo aprox.

Consumo de alimento de la lombriz: consume lo que pesa

La obtención de harina equivale a un 20% aproximado de la lombriz viva, el otro 80% es solo agua.

Equivalencia:

$$10 \text{ kg lombriz viva} \rightarrow 2 \text{ kg de harina}$$

Se fijó un inicio de producción mensual de 500 kg de harina de lombriz, lo que equivale a 2500 kg de lombriz viva (harina es 20% aprox de la lombriz viva), se procederá a determinar el tipo de horno necesario.

Las cargas se determinarán en relación a la producción en horno común, que corresponde a 60 kg/hrs aprox.

A continuación, se calculará la producción diaria que hay que realizar, para poder cumplir con la producción inicial contemplada:

$$500 \text{ kg de harina} \rightarrow 2500 \text{ kg lombriz viva}$$

Ya que se trata de un proyecto rural, además está decir que se pueden trabajar perfectamente 25 días al mes.

$$\frac{2500 \text{ kg}}{25 \text{ días}} = 100 \text{ kg de lombriz viva diario.}$$

Se necesitarán 100 kg de lombriz viva diariamente, la cual como se mencionó anteriormente, los 100 kg se distribuirán entre las 10 familias:

$$\frac{100 \text{ kg/día}}{10 \text{ familias}} = 10 \text{ kg de lombriz diaria por familia.}$$

Cada familia deberá aportar 10 kg de lombriz viva diaria, para poder reunir los 100 kg, pero hay que tener en cuenta la capacidad de producción del horno que ronda los 60 kg/hrs, por lo tanto:

$$\frac{100 \text{ kg/día}}{60 \text{ kg/hr}} = 1.6 \text{ cargas diarias}$$

Finalmente se deben realizar 2 cargas de 50 kg cada una.

Ahora se necesita el tiempo de la producción estimado, para determinar completamente el tamaño de la producción.

Se estimó un tiempo de 6 horas por carga para finalizar el proceso que contemple solo las 3 etapas principales; lavado, secado, molienda; el cual el desglose de los tiempo sería el siguiente:

1. Lavado

- Sacrificio: 10 min aprox.
- Lavado desinfectante: 3 a 4 min aprox.
- Agua pura: 4 a 5 min aprox.

2. Secado: Según las especificaciones del horno solo 2,5 horas de secado es suficiente.

Enfriamiento: es necesario dejar enfriar aprox 2 horas.

3. Molienda: aprox como máximo ½ hora.

4. Tiempo de Carga y descarga entre etapa lavado-horno: 15 min aprox.

## Capítulo 3

### PROCESO DE LAVADO

#### 3.1 Lavado

Es aquel proceso donde se eliminan todas aquellas bacterias que se encuentra en el interior y exterior de las lombrices.

Se debe partir por realizar una purga del tubo digestivo de la lombriz, y para esto se necesita realizar tres pasos fundamentales para que la lombriz se considere apta para el proceso: SACRIFICIO, LAVADO DESINFECTANTE y LAVADO CON AGUA PURA, estas etapas serán explicadas posteriormente, redactando sus requerimientos, equipos y materiales necesarios para su limpieza.

##### 3.1.1 Sacrificio:

Se mezcla en un recipiente una solución salina que contiene de 100 a 150 gramos de sal por cada litro de agua, luego se sumergen las lombrices por 30 min. Y esto provoca que empiecen a tener movimientos violentos los cuales la inducen al purgado del tubo digestivo, ya que esa es la idea de esta mezcla, sacrificarlas y que a la vez se limpien, y la forma de darse cuenta que estamos teniendo buenos resultados y que el objetivo de la etapa se cumple será cuando el agua empiece a tomar un color verdoso.

##### 3.1.2 Lavado desinfectante:

Es casi el mismo procedimiento que el anterior pero cambiamos la sal por ácido peracético, un agente antibacteriano-desinfectante, que no altera la carne de la lombriz y ayudará a desinfectar el agua (ya que es de puntera) y en el caso de que hubiera alguna bacteria en la cantidad de lombrices que se está procesando. La solución consistirá en una cantidad de 10 ml por litro de agua.

Luego de terminar esta etapa colamos las lombrices del agua para pasar a la siguiente etapa

### **3.1.3 Lavado agua pura:**

Esta sería la última etapa del proceso de lavado que consiste más que nada quitar con agua pura cualquier residuo que podría haber quedado en las etapas anteriores asegurándonos que el agua salga totalmente limpia en esta última etapa, ya que recordemos el producto final que saldrá de esta línea de producción será un producto comestible.

## **3.2 Diseño de conjunto de etapa de lavado.**

Como ya se explicó anteriormente cada etapa de lavado; ahora se dará a conocer el diseño del proceso:

- El lavadero constará de un contenedor, subdividido en 3 pequeños estanques, en los cuales se realizará las etapas ya mencionadas, que irán con instalaciones de llenado y desagüe, para vaciar los estanques y así ir limpiándolos cuando sea necesario.
- Una estructura base que irá en altura y hará de plataforma para los estanques a una altura determinada para que el operador supervise con facilidad el proceso de lavado que se realizará.
- Una estructura en donde se instalará el tecele para poder trasladar con mayor facilidad la carga de lombrices.
- Y por último un contenedor fabricado de malla tipo colador, en el que se dispondrá y trasladará la carga de lombrices a través del tecele.

A continuación se mostrará más detalladamente el diseño de esta etapa, dando a conocer cargas puntuales, esfuerzos, selección de perfiles para el diseño, cálculo de dimensiones para cada estructura, análisis de elementos finitos, etc.

(Ver Figura N°2.3. pág. 15)

### **3.3. Cálculo del estanque y estructura para la etapa de lavado mediante el método de Elementos Finitos.**

#### **3.3.1. Presentación del problema**

El objetivo central es evaluar los esfuerzos que se generan en la etapa de lavado de lombrices, si serán o no causa de falla de la estructura que soporta el estanque de lavado y el que soporta el teche de transporte de contenedor, la determinación de esto se realizará con el Método de los Elementos Finitos, se utilizará Autodesk Simulation Mechanical para representar las condiciones solicitadas.

Con la información obtenida anteriormente, que consistía en el abastecimiento inicial de las familias, que era de 2500 kg de lombriz viva y teniendo en cuenta que en el proceso de secado o deshidratación (horno) solo habrá una capacidad para 60 (kg/H), lo que nos indica que se necesitan 50 (kg) para la primera carga, por lo tanto, el estanque y la cavidad deben tener las siguientes dimensiones:

Dimensiones del estanque:	1065 (mm) x 405 (mm) x 500 (mm).
Dimensiones de cada cavidad:	490 (mm) x 400 (mm) x 350 (mm).
Peso total:	60 (kg).

En el diseño de esta línea de producción cuenta con un proceso de lavado, el cual no se puede encontrar en el comercio, por lo que se debe diseñar sus componentes (estructura y estanque). Cabe mencionar que el estanque deberá ir sobre la estructura. Esta etapa al igual que las otras, debe ocupar un espacio reducido ya que trabajarán dos personas, como máximo.

El problema es determinar si la estructura a diseñar soporta estructuralmente las cargas producidas.

### 3.4. Antecedentes, materiales y cargas a considerar en el diseño para la estructura del lavadero.

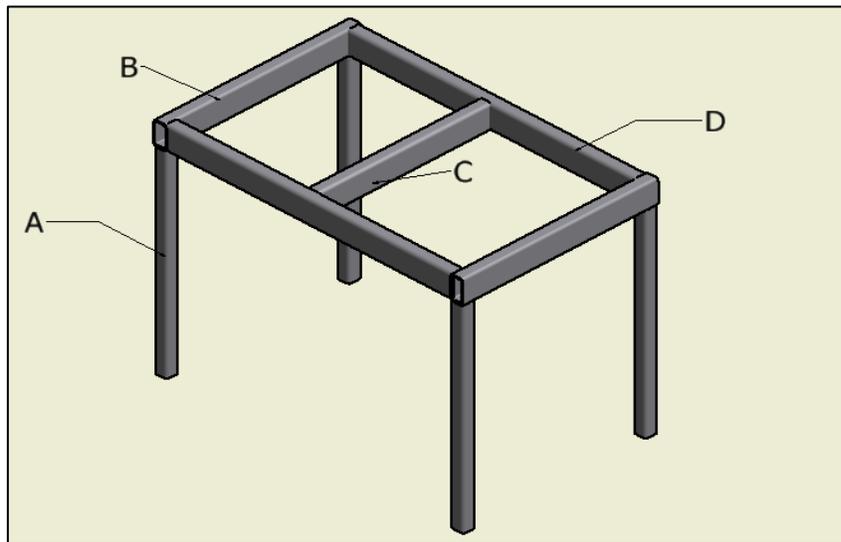
#### Antecedentes y materiales

- Material del estanque : Acero estructural ASTM A240/A480
  - Esfuerzo de Fluencia : 2090 (kg/cm<sup>2</sup>) – 205 (Mpa)
  - Esfuerzo de Tracción : 5251 (kg/cm<sup>2</sup>) – 515 (Mpa)
  - Densidad : 8080 (kg/m<sup>3</sup>)
  
- Material de las vigas : Acero estructural ASTM A36
  - Esfuerzo de Fluencia : 2550 (kg/cm<sup>2</sup>) – 250 (Mpa)
  - Esfuerzo de Tracción : 4078 (kg/cm<sup>2</sup>) – 400 (Mpa)
  - Módulo de Elasticidad : 2039,4 x 10<sup>3</sup> (kg/cm<sup>2</sup>) – 200 (Gpa)
  - Densidad : 7850 (kg/m<sup>3</sup>)

#### 3.4.1. Determinación de las cargas para estructura soporte del lavadero.

- a) Carga Propio Peso
  - Peso estructura.
  - Peso rejilla.
  - Peso soldadura.
- b) Carga contenedor solo.
  - Peso contenedor
  - Peso soldadura
- c) Carga contenedor c/agua.

a) Carga propio peso.



**Figura N° 3.1.** Soporte del lavadero

Perfil A: 40 x 40 x 3 (mm) L 680 (mm) Cantidad: 4

Perfil B: 80 x 40 x 3 (mm) L 605 (mm) Cantidad: 2

Perfil C: 80 x 40 x 3 (mm) L 540 (mm) Cantidad: 1

Perfil D: 80 x 40 x 3 (mm) L 888 (mm) Cantidad: 2

Perfil A: 3,30 (kg/m)

Perfil B: 6,71 (kg/m)

Perfil C: 6,71 (kg/m)

Perfil D: 6,71 (kg/m)

Pesos correspondientes:

$$\text{Perfil A: } 3,30 \text{ (kg/m)} \times 0,680 \text{ (m)} = 2,24 \text{ (kg)}$$

$$\text{Perfil B: } 6,71 \text{ (kg/m)} \times 0,605 \text{ (m)} = 4,06 \text{ (kg)}$$

$$\text{Perfil C: } 6,71 \text{ (kg/m)} \times 0,540 \text{ (m)} = 3,62 \text{ (kg)}$$

$$\text{Perfil D: } 6,71 \text{ (kg/m)} \times 0,888 \text{ (m)} = 5,95 \text{ (kg)}$$

$$\text{Peso propio : } 2,24 \text{ (kg)} + 4,06 \text{ (kg)} + 3,62 \text{ (kg)} + 5,95 \text{ (kg)} = 15,87 \text{ (kg)}$$

$$\text{Rejilla : } 8,07 \text{ (kg)}$$

$$\text{Soldadura : } 5 \text{ (kg)}$$

Por lo tanto, la carga producida por la estructura:

$$C_{\text{Estr.}} = 15,87 \text{ (kg)} + 8,07 \text{ (kg)} + 5 \text{ (kg)}$$

$$C_{\text{Estr.}} = 28,95 \text{ (kg)}$$

$$\underline{\text{Aproximado } C_{\text{Estr.}} = 30 \text{ (kg)}}$$

b) Carga contenedor solo.

$$\text{Plancha A: } 405 \text{ (mm)} \times 1065 \text{ (mm)} \times 5 \text{ (mm)} = 0,002157 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{Plancha B: } 500 \text{ (mm)} \times 450 \text{ (mm)} \times 5 \text{ (mm)} = 0,001125 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{Plancha C: } 400 \text{ (mm)} \times 490 \text{ (mm)} \times 5 \text{ (mm)} = 0,000900 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{Plancha D: } 1.065 \text{ (mm)} \times 500 \text{ (mm)} \times 5 \text{ (mm)} = 0,002600 \text{ (m}^3\text{)}$$

Pesos correspondientes:

$$\text{Plancha A: } 0,002157 \text{ (m}^3\text{)} \times 8.080 \text{ (kg/m}^3\text{)} = 17,42 \text{ (kg)}$$

$$\text{Plancha B: } 0,001125 \text{ (m}^3\text{)} \times 8.080 \text{ (kg/m}^3\text{)} = 9,09 \text{ (kg)}$$

$$\text{Plancha C: } 0,000900 \text{ (m}^3\text{)} \times 8.080 \text{ (kg/m}^3\text{)} = 7,27 \text{ (kg)}$$

$$\text{Plancha D: } 0,002600 \text{ (m}^3\text{)} \times 8.080 \text{ (kg/m}^3\text{)} = 21,00 \text{ (kg)}$$

Peso Propio : 17,42 (kg) + 9,09 (kg) + 7,27 (kg) + 21 (kg) = 54,78 (kg)

Soldadura : 5 (kg)

Por lo tanto, la carga producida por el estanque sin contenido:

$$C_{\text{Est.}} = 54,78 \text{ (kg)} + 5 \text{ (kg)}$$

$$C_{\text{Est}} = 59,78 \text{ (kg)}$$

$$\underline{\text{Aproximado } C_{\text{Est}} = 60 \text{ (kg)}}$$

c) Carga contenedor con agua.

Para la carga producida por el agua se considera a la mitad del estanque, ya que al introducir el contenedor de las lombrices, el líquido subirá y las lombrices ocuparán espacio.

El contenedor no se considera dado que, el tecele sostendrá esta carga. Por lo tanto, el volumen de agua a utilizar se menciona a continuación:

$$\text{Volumen de agua} = 400 \text{ (mm)} \times 175 \text{ (mm)} \times 490 \text{ (mm)}$$

$$\text{Volumen de agua individual por contenedor} = 0,0343 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{Volumen de agua x los 3 contenedores} = 0,1029 \text{ (m}^3\text{)}$$

Siendo la densidad del agua: 1000 (kg/m<sup>3</sup>)

La carga producida por el agua a utilizar:

$$C_{\text{Agua}} = 0,1029 \text{ (m}^3\text{)} \times 1.000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

$$C_{\text{Agua}} = 102,9 \text{ (kg)}$$

$$\underline{\text{Aproximado } C_{\text{Agua}} = 103 \text{ (kg)}}$$

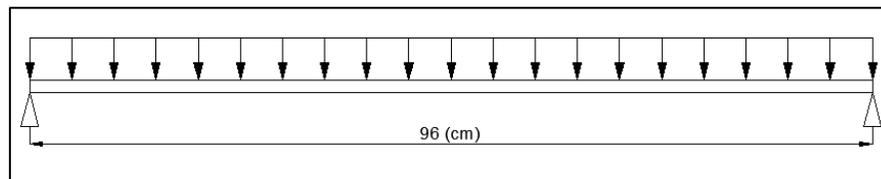
### 3.4.2. Verificación de la flexión.

#### FLEXIÓN MÁXIMA.

Para vigas con efecto de sobrecarga y según norma INN 427, se tiene la siguiente expresión:

$$Y = \frac{L}{800}$$

donde: Longitud entre apoyos.



$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{96 (cm)}{800} \rightarrow Y_{m\acute{a}x} = 0,12 (cm)$$

FLEXIÓN REAL.

Para la evaluación se considera solo el peso propio de la estructura, la cual produce una flecha por propio peso ( $Y_P$ ) para luego ser comparada con la flecha máxima.

$$Y_P = Y_{m\acute{a}x}$$

FLEXION PRODUCIDA POR EL PESO PROPIO ( $Y_P$ )

Se trata de una carga distribuida repartida, por el perfil de sección rectangular, cuya magnitud es:

$$Q_{py} = 31,25 \text{ (kg/m)}$$

Por efecto de la carga la flecha máxima se producirá en el punto medio del perfil, esta se determinará por la siguiente expresión:

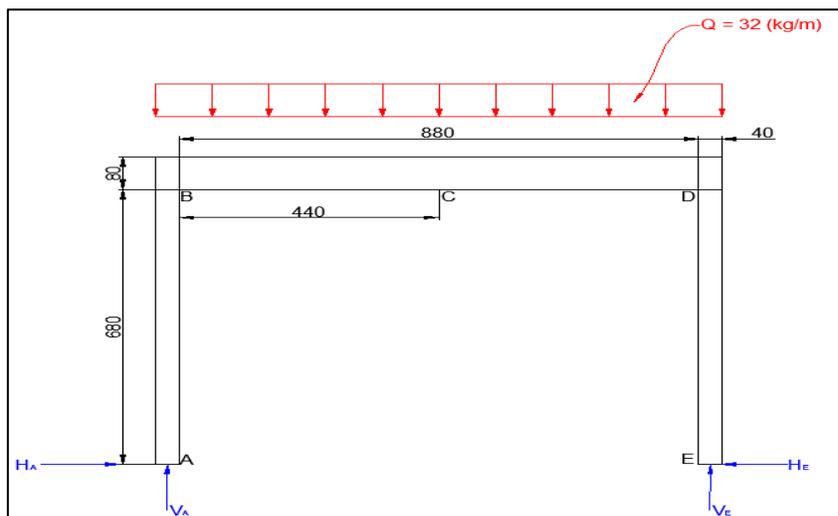
$$Y_p = \frac{5 \cdot Q_{py} \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

reemplazando valores:

$$Y_P = \frac{5 \cdot 0,3125 \cdot 96^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 64,59} \rightarrow Y_P = 0,00267 \text{ (cm)}$$

por lo tanto;  $Y_{m\acute{a}x} \geq Y_P$

### 3.4.3. Cálculo estático de la estructura del soporte del lavadero.



**Figura N° 3.2.** Soporte del lavadero

Reacciones:

$$\uparrow \sum F_v = 0 \quad V_A + V_E - 32 \cdot 0,960 = 0 \quad V_E = 30 - V_A \quad (1)$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0 \quad H_A + H_E = 0 \quad H_E = H_A \quad (2)$$

$$\sum M_c = 0 \quad 0,72 \cdot H_A - 0,44V_A + 3,748 = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_c = 0 \quad -0,72 \cdot H_e + 0,72V_e - 3,748 = 0 \quad (4)$$

Reemplazando (2) en (4) y (1) en (3) luego sumando queda:

$$-0,72 \cdot H_E + 0,44V_A - 3,748 = 0$$

$$0,72 \cdot H_E + 0,44V_A - 9,452 = 0$$

$$V_A = 15 \text{ (kg)}$$

$$V_E = 15 \text{ (kg)}$$

$$H_A = 3,96 \text{ (kg)}$$

$$H_E = 3,96 \text{ (kg)}$$

Momento en los hombros:

En B:

$$M_B = H_A \cdot 0,72 = 3,96 \text{ (kg)} \cdot 0,72 \text{ (m)}$$

$$M_B = 2,85 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

En D:

$$M_D = H_E \cdot 5 = 3,96 \text{ (kg)} \cdot 0,72 \text{ (m)}$$

$$M_D = 2,85 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

Corte ©

$$T = -32 \cdot x \quad T_{x=0,12} = -3,84 \text{ (kg)}$$

$$T = -32 \cdot x + 15 \quad T_{x=0,12} = 11,26 \text{ (kg)}$$

$$T_{x=0,23} = 7,87 \text{ (kg)}$$

Corte ©

$$M = -32 \cdot \frac{x^2}{2} \quad M_{x=0,12} = -0,23 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

$$M = -32 \cdot \frac{x^2}{2} + 15(x - 0,12)$$

$$M_{x=0,12} = -0,23 \text{ (kg} \cdot \text{m)} \quad M = 2,85 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

$$M_R = -0,23 - 2,85 \text{ (kg} \cdot \text{m)} \quad M_R = -3,08 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

$$M_{x=0,468} = -0,23 \text{ (kg} \cdot \text{m)} \quad M_{x=0,468} = -1,71 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

$$M_R = 1,71 - 3,08 \text{ (kg} \cdot \text{m)} \quad M_R = -1,37 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

Luego el momento máximo es:

$$M_{\text{m}á\text{x}} = -3,08 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

Por estar el marco sometido al mismo estado de esfuerzo y poseer igual geometría, para los tramos C-D y D-E se cumple lo mismo que para B-C y A-B respectivamente.

### 3.4.4. Presión del contenedor solo.

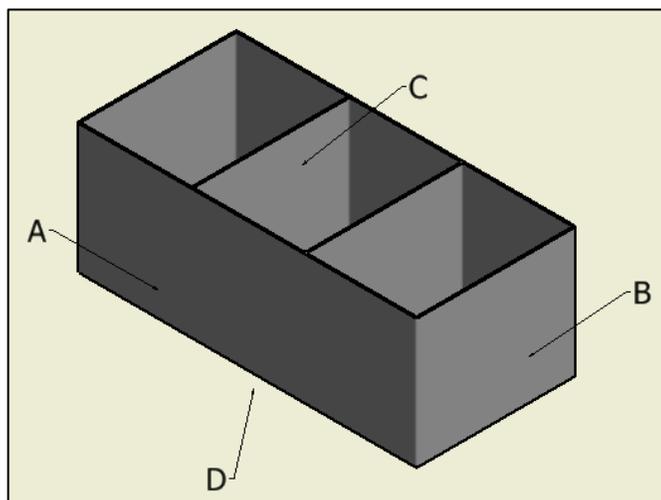


Figura N° 3.3. Contenedor.

$$P = 50 \text{ (kg)}$$

$$Q = \frac{50 \text{ (kg)}}{0,960 \text{ (m)}} = 52,08 \text{ (kg/m)}$$

Reacciones:

$$\uparrow \sum F_v = 0 \quad V_A + V_E - 52,08 \cdot 0,960 = 0 \quad V_E = 50 - V_A \quad (1)$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0 \quad H_A + H_E = 0 \quad H_E = H_A \quad (2)$$

$$\sum M_c = 0 \quad 0,72 \cdot H_A - 0,44V_A + 6,1 = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_c = 0 \quad -0,72 \cdot H_e + 0,72V_e - 6,1 = 0 \quad (4)$$

Reemplazando (2) en (4) y (1) en (3) luego sumando queda:

$$-0,72 \cdot H_E + 0,44V_A - 6,10 = 0$$

$$0,72 \cdot H_E + 0,44V_A - 15,9 = 0$$

$$V_A = 25 \text{ (kg)}$$

$$V_E = 25 \text{ (kg)}$$

$$H_A = 6,8 \text{ (kg)}$$

$$H_E = 6,8 \text{ (kg)}$$

Momento en los hombros:

En B:  $M_B = H_A \cdot 0,72 = 6,8 \text{ (kg)} \cdot 0,72 \text{ (m)}$

$$M_B = 4,89 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

En D:  $M_D = H_E \cdot 5 = 6,8 \text{ (kg)} \cdot 0,72 \text{ (m)}$

$$M_D = 4,89 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

$$P = 103 \text{ (kg)}$$

$$Q = \frac{103 \text{ (kg)}}{0,960 \text{ (m)}} = 107,29 \text{ (kg/m)}$$

Reacciones:

$$\uparrow \sum F_v = 0 \quad V_A + V_E - 107,29 \cdot 0,960 = 0 \quad V_E = 103 - V_A \quad (1)$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0 \quad H_A + H_E = 0 \quad H_E = H_A \quad (2)$$

$$\sum M_c = 0 \quad 0,72 \cdot H_A - 0,44V_A + 12,06 = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_c = 0 \quad -0,72 \cdot H_e + 0,72V_e - 12,06 = 0 \quad (4)$$

Reemplazando (2) en (4) y (1) en (3) luego sumando queda:

$$-0,72 \cdot H_E + 0,44V_A - 12,06 = 0$$

$$0,72 \cdot H_E + 0,44V_A - 33,26 = 0$$

$$V_A = 51,5 \text{ (kg)}$$

$$V_E = 51,5 \text{ (kg)}$$

$$H_A = -14,72 \text{ (kg)}$$

$$H_E = -14,72 \text{ (kg)}$$

Momento en los hombros:

En B:  $M_B = H_A \cdot 0,72 = 14,72 \text{ (kg)} \cdot 0,72 \text{ (m)}$

$$M_B = 10,59 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

En D:  $M_D = H_E \cdot 5 = 14,27 \text{ (kg)} \cdot 0,72 \text{ (m)}$

$$M_D = 10,59 \text{ (kg} \cdot \text{m)}$$

**Tabla N° 3.1. Resumen de cargas y momentos.**

Reacción	Soporte Lavadero	Contenedor Solo	Contenido	Contenedor + contenido	Soporte contenedor solo	Soporte + contenedor c/ contenido
H <sub>A</sub>	+ 3,96 (kg)	+ 6,8 (kg)	- 14,72 (kg)	- 7,92 (kg)	10,76 (kg)	- 3,96 (kg)
H <sub>E</sub>	+ 3,96 (kg)	+ 6,8 (kg)	- 14,72 (kg)	- 7,92 (kg)	10,76 (kg)	- 3,96 (kg)
V <sub>A</sub>	+ 15 (kg)	+ 25 (kg)	+ 51,5 (kg)	+ 76, 5 (kg)	40 (kg)	+ 91,5 (kg)
V <sub>E</sub>	+15 (kg)	+ 25 (kg)	+ 51,5 (kg)	+ 76, 5 (kg)	40 (kg)	+ 91,5 (kg)
M <sub>Max B</sub>	- 3,08 (kg-m)	+ 4,89 (kg-m)	-10,59 (kg-m)	- 5,7 (kg-m)	1, 81 (kg-m)	- 8,78 (kg-m)
M <sub>Max D</sub>	- 3,08 (kg-m)	+ 4,89 (kg-m)	-10,59 (kg-m)	- 5,7 (kg-m)	1,81 (kg-m)	- 8,78 (kg-m)



Propiedades:

$P = 3,30 \text{ (kg/m)}$   
 $A = 4,21 \text{ (cm}^2\text{)}$   
 $X = 20 \text{ (mm)}$   
 $I_{xx} = 9,28 \text{ (cm}^4\text{)}$   
 $W_{xx} = 4,64 \text{ (cm}^3\text{)}$   
 $I_{yy} = 9,28 \text{ (cm}^4\text{)}$   
 $W_{yy} = 4,64 \text{ (cm}^3\text{)}$

$$C = \frac{L}{2} = \frac{40 \text{ (mm)}}{2} \rightarrow C = 20 \text{ (mm)}$$

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot C}{I} = \frac{8,78 \text{ (kg - m)} \cdot 100 \cdot 2 \text{ (cm)}}{9,28 \text{ (cm}^4\text{)}} = 189,22 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Como se observa  $\sigma < \sigma_{adm}$ , por lo tanto se selecciona el perfil designado, es decir: C 40 x 40 x 4 (mm).

### 3.4.6. Verificación de la columna al pandeo.

Para la columna se tiene la siguiente situación a condición de extremos: empotrada en el hombro y articulada en su extremo inferior, la longitud viene dada por:

$$L_{efect} = 0,707 L$$

Del cuadro de resumen de reacciones, la carga vertical máxima corresponde a la combinación de

$$V_{max} = 91,5 \text{ (kg)}$$

Se calcula la relación de esbeltez ( $\lambda$ ) para los ejes X-X e Y-Y, y se trabajará con el mayor de ellos, pero como se trata de un perfil cuadrado solo se determinara una relación para ambos, se determina porque bajo ese eje existe mayor posibilidad de pandeo.

La esbeltez viene dada por:

$$\lambda = \frac{L_{efect}}{r} \qquad r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Respecto al eje X-X

$$I_x = I_y \qquad A_1 = A_2 = A$$

$$r_x = \sqrt{\frac{2 \cdot I_x}{2 \cdot A}} \rightarrow r_{xx} \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$r_{xx} = \sqrt{\frac{9,28 \text{ (cm}^4\text{)}}{4,21 \text{ (cm}^2\text{)}}} \rightarrow r_{xx} = 1,4846 \text{ (cm)}$$

El largo efectivo es:

$$L_{efect} = 0,707L = 0,707 \cdot 69 \rightarrow L_{efect} = 48,78 \text{ (cm)}$$

Luego la esbeltez es:

$$\lambda_{xx} = \frac{48,78 \text{ (cm)}}{1,4846 \text{ (cm)}} \rightarrow \lambda_{xx} = 32,85 = \lambda_{yy}$$

En la intersección de la recta  $\sigma_0 = \text{constante}$  y la Ecuación de Euler se tiene lo siguiente:

$$\sigma_0 = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \qquad \lambda = \frac{\pi^2 E}{\sigma_0}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6 (\text{kg/cm}^2)}{2.550 (\text{kg/cm}^2)}} = 87,98$$

Según la parábola de Johnson el  $\lambda$  que define el término del rango intermedio es:

$$\lambda = \sqrt{\frac{2 \pi^2 E}{\sigma_0}}$$

Reemplazando:

$$\lambda = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6}{2.550}} \quad \lambda = 124,42$$

Entonces;

$0 \leq \lambda \leq 40$	Rango de bloqueo a compresión
$40 < \lambda \leq 124,42$	Rango intermedio
$124,42 < \lambda$	Rango de esbeltez

Como  $32,39 < 40$  no se produce el efecto de pandeo.

CALCULO DE CARGA CRÍTICA.

Fórmula de la parábola de Johnson

$$\frac{P_{crit}}{A} = \sigma_0 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{4 \cdot \pi^2 \cdot E} \cdot \lambda^2\right)$$

para que la columna no se pandee:  $P \leq P_w$ , donde:

$P_w$  = carga de trabajo.

$$P = V = 91,5 \text{ (kg)}$$

$P_w = \frac{P_{crit}}{K}$ , k: coeficiente de seguridad.

$$P_{crit} = \sigma_0 \cdot A \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{4 \cdot \pi^2 \cdot E} \cdot \lambda^2\right)$$

$$P_{crit} = 2550 \cdot 4,21 \cdot \left(1 - \frac{2550}{4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6} \cdot 32,39^2\right)$$

$$P_{crit} = 10371,57 \text{ (kg)}$$

$$P_w = \frac{P_{crit}}{K} = \frac{10371,57 \text{ (kg)}}{2} \rightarrow P_w = 5185,78 \text{ (kg)}$$

Luego se comprueba que  $P < P_w$  con lo cual no existe falla por pandeo. Finalmente se puede decir que el seleccionado es un perfil Cuadrado 40 x 40 x 3 (mm) soporta las cargas a que se encuentra sometidas.

### 3.5. Antecedentes, materiales y cargas a considerar en el diseño para la estructura del soporte del tecle.

#### 3.5.1. Determinación de las cargas para estructura de estanque.

- a) Carga Propio Peso
  - Peso estructura.
  - Peso soldadura.
- b) Carga tecle.
  - Peso tecle.
- c) Carga contenedor y lombrices.
  - Peso contenedor solo
  - Peso contenedor con lombrices.

- a) Carga propio peso.

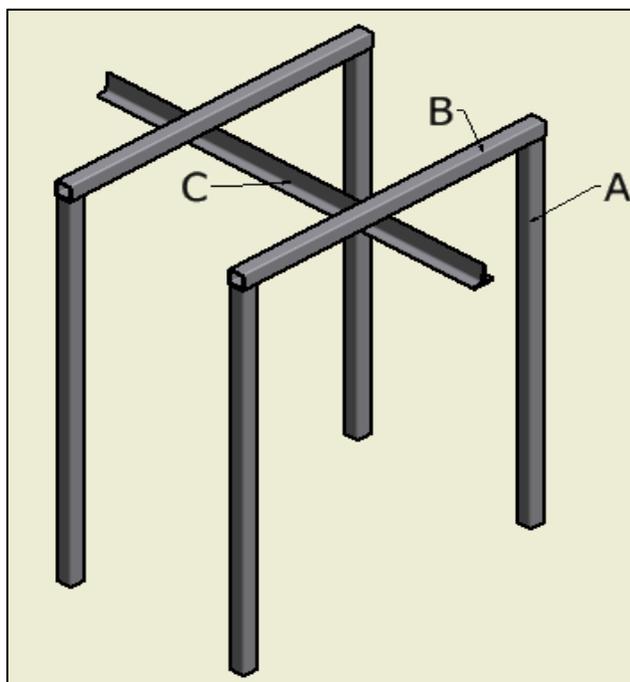


Figura N° 3.4. Soporte del Tecl

Perfil A: 75 x 75 x 5 (mm)      L 2000 (mm) Cantidad: 4

Perfil B: 75 x 75 x 5 (mm)      L 1605 (mm) Cantidad: 2

Perfil C: 96 x 100 x 5-8 (mm)      L 2000 (mm) Cantidad: 1

Perfil A: 10,48 (kg/m)

Perfil B: 10,48 (kg/m)

Perfil C: 16,70 (kg/m)

Pesos correspondientes:

Perfil A: 10,48 (kg/m) x 2 (m) = 20,96 (kg)

Perfil B: 10,48 (kg/m) x 1,605 (m) = 16,82 (kg)

Perfil C: 16,70 (kg/m) x 2 (m) = 33,40 (kg)

Peso propio : 20,96 (kg) + 16,82 (kg) + 33,40 (kg) = 71,18 (kg)

Soldadura : 5 (kg)

Por lo tanto, la carga producida por la estructura:

$$C_{\text{Estr.}} = 71,18 \text{ (kg)} + 5 \text{ (kg)}$$

$$C_{\text{Estr.}} = 76,18 \text{ (kg)}$$

$$\underline{\text{Aproximado } C_{\text{Estr.}} = 77 \text{ (kg)}}$$

## b) Carga producida por el Tecele.

Se utilizará un tecele manual el cual tendrá un recorrido por el perfil T, transportando la carga por las tres etapas, como el tecele es masa igual interfiere en la carga que se debe sostener la estructura por lo que la carga producida por el tecele, es de aproximadamente 96 (kg), esta carga se distribuirá en 4 puntos, los cuales son donde las ruedas tienen contacto con el perfil. Por lo que las cargas puntuales serán:

$$Carga\ tecele = \frac{96(kg)}{4} \rightarrow C_T = 24 (kg)$$

## c) Carga producida por el peso del colador solo y con lombrices.

Para transportar las lombrices por las tres etapas del proceso de lavado, se utilizará un contenedor, el cual deberá ser sumergido para que puedan llevarse a cabo los requerimientos de cada etapa. Como es una etapa donde las lombrices deben tener contacto con el líquido que contiene cada cavidad, se utilizará en vez de placas perforadas, mallas de acero inoxidable, esto porque una de las cavidades contendrá agua + sal lo que ayuda al efecto de oxidación y además por tener contacto directo con agua de puntera que contiene más minerales y sales que el agua común. Estas mallas tendrán una abertura de 3x4 mm y las dimensiones de este contenedor son:

$$Volumen = Alto \cdot Frente \cdot Profundidad$$

$$Volumen = 380 (mm) \cdot 450 (mm) \cdot 330 (mm)$$

$$Volumen = 0,0564 (m^3)$$

Este es el volumen máximo que puede transportar, a lo que equivaldría a 55 (kg) de lombrices muerta/húmedas. Para el peso que tendrá este colador se estimará, siendo este peso de 1,5 (kg).

Peso del colador solo: 1,5 (kg)

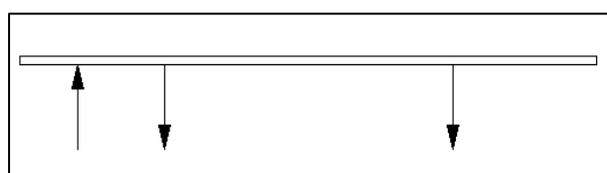
Peso del colador con lombrices: 1,5 (kg) + 55 (kg) = 56,5 (kg)

Por lo tanto, la carga máxima será la equivalente a todas las cargas reunidas en un solo punto, siendo éste, el peso del colador de lombrices y el peso producido por el tecele, dando como resultado:

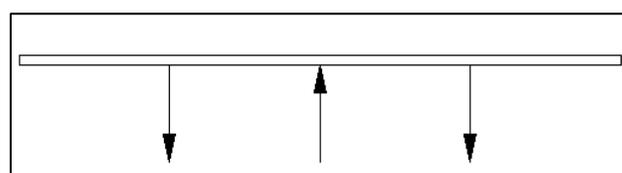
$$C_T = 56,5 (kg) + 96 (kg) \rightarrow C_T = 152,5 (kg)$$

### 3.5.2. Verificación de la Flexión.

Para establecer las reacciones se dividirán los cálculos en dos casos, el primero la barra por donde recorre el tecele, esta situación se subdividirá en dos situaciones, donde el tecele se encuentre en un extremo de la estructura y al medio de ésta, como se muestra a continuación:



Caso A



Caso B

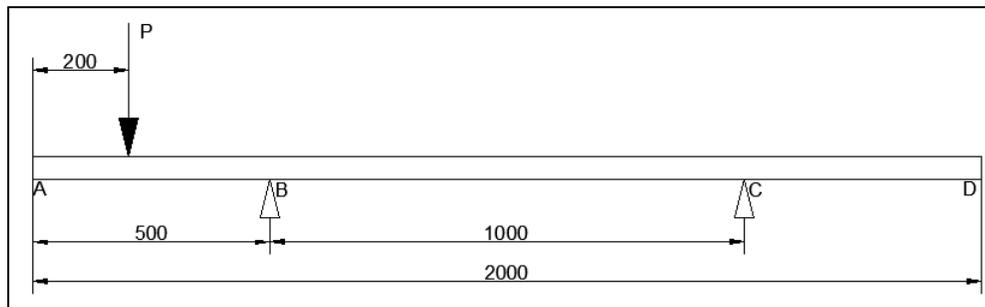
Para estas situaciones se verificará la flecha máxima producida comparando con la flecha real.

### FLEXIÓN MÁXIMA.

Para vigas con efecto de sobrecarga y según norma INN 427, se tiene la siguiente expresión:

$$Y = \frac{L}{800}$$

Donde: Longitud entre apoyos.



$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{50 (cm)}{800} \rightarrow Y_{m\acute{a}x} = 0,0625 (cm)$$

### FLEXIÓN PRODUCIDA POR EL PESO PROPIO ( $Y_P$ ).

Para la evaluación se considera solo el peso propio de la estructura, la cual produce una flecha por propio peso ( $Y_P$ ) para luego ser comparada con la flecha máxima.

$$Y_P \leq Y_{m\acute{a}x}$$

Se trata de una carga puntual ubicada en la parte media de la barra y cuya magnitud es:

$$F_y = 152,5 \text{ (kg)}$$

Por efecto de la carga la flecha máxima se producirá en el punto medio del perfil, esta se determinará por la siguiente expresión:

$$Y_{ey} = \frac{C_T \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

reemplazando valores:

$$Y_{ey} = \frac{152,5 \text{ (kg)} \cdot 50^3 \text{ (cm}^3\text{)}}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ (kg/m}^2\text{)} \cdot 349 \text{ (cm}^4\text{)}} \rightarrow Y_P = 0,00056 \text{ (cm)}$$

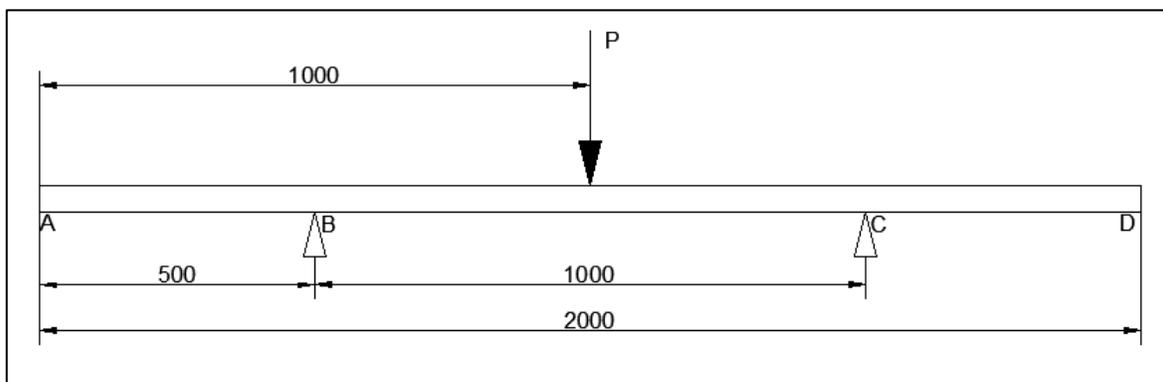
por lo tanto;  $Y_{m\acute{a}x} \geq Y_P$

### FLEXIÓN MÁXIMA

Para vigas con efecto de sobrecarga y según norma INN 427, se tiene la siguiente expresión:

$$Y = \frac{L}{800}$$

Donde: Longitud entre apoyos.



$$Y_{m\acute{a}x} = \frac{100 \text{ (cm)}}{800} \rightarrow Y_{m\acute{a}x} = 0,125 \text{ (cm)}$$

### FLEXIÓN PRODUCIDA POR EL PESO PROPIO ( $Y_P$ ).

Para la evaluación se considera solo el peso propio de la estructura, la cual produce una flecha por propio peso ( $Y_P$ ) para luego ser comparada con la flecha máxima.

$$Y_P = Y_{m\acute{a}x}$$

Se trata de una carga puntual ubicada en la parte media de la barra y cuya magnitud es:

$$F_y = 152,5 \text{ (kg)}$$

Por efecto de la carga la flecha máxima se producirá en el punto medio del perfil, esta se determinará por la siguiente expresión:

$$Y_{ey} = \frac{C_T \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

reemplazando valores:

$$Y_{ey} = \frac{152,5 \text{ (kg)} \cdot 100^3 \text{ (cm}^3\text{)}}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ (kg/m}^2\text{)} \cdot 349 \text{ (cm}^4\text{)}} \rightarrow Y_P = 0,0045 \text{ (cm)}$$

por lo tanto;  $Y_{m\acute{a}x} \geq Y_P$

### 3.5.3. Cálculo estático de la estructura del soporte del lavadero.

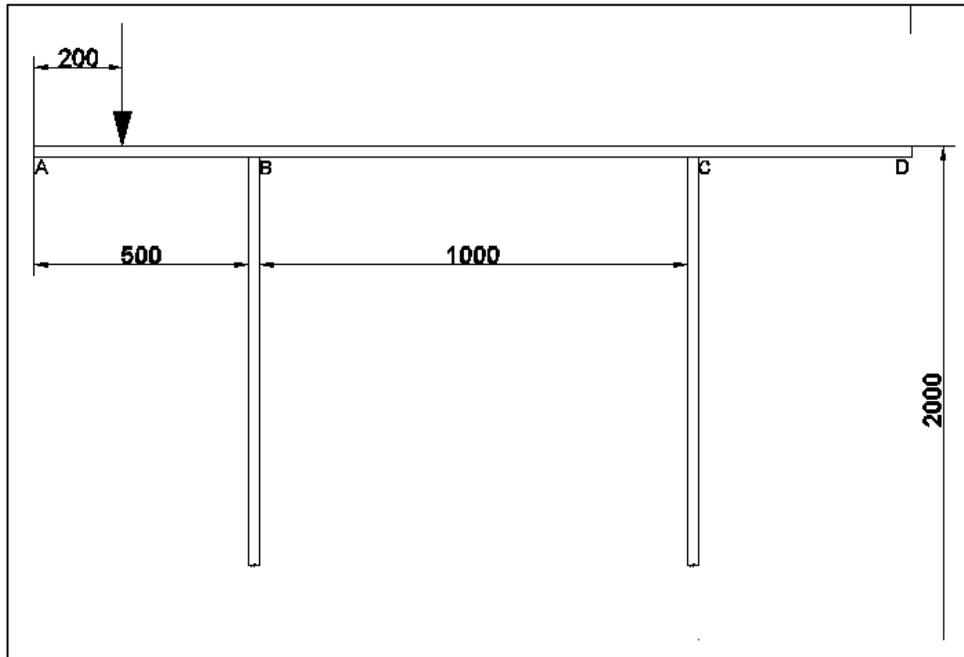


Figura N° 3.5. Soporte del Tecele

Reacciones:

$$\uparrow \sum F_v = 0 \quad V_A + V_E - 152,5 = 0 \quad V_E = 152,5 + V_A \quad (1)$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0 \quad H_A + H_E = 0 \quad H_E = H_A \quad (2)$$

$$\sum M_c = 0 \quad 152,5 \cdot 300 + V_c \cdot 1.000 = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_c = 0 \quad 152,5 \cdot 1.300 - V_B \cdot 1000 = 0 \quad (4)$$

$$V_c = \frac{152,5 \cdot 300}{-1000} \quad V_B = \frac{152,5 \cdot 1.300}{1.000}$$

$$V_A = -45,75 \text{ (kg)}$$

$$V_E = 198,25 \text{ (kg)}$$

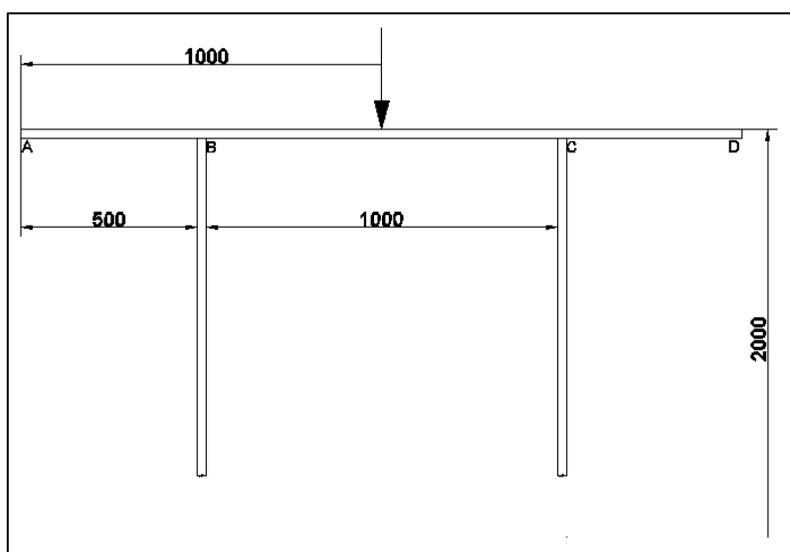
$$H_A = 0 \text{ (kg)}$$

$$H_E = 0 \text{ (kg)}$$

Momento máximo:

$$M_{m\acute{a}x} = V_c \cdot 1.000 = -45,75 \text{ (kg)} \cdot 1000 \text{ (mm)}$$

$$M_{m\acute{a}x} = -45.750 \text{ (kg - mm)}$$



Soporte del Tecl

Reacciones:

$$\uparrow \sum F_v = 0 \quad V_A + V_E - 152,5 = 0 \quad V_E = 152,5 + V_A \quad (1)$$

$$\rightarrow \sum F_x = 0 \quad H_A + H_E = 0 \quad H_E = H_A \quad (2)$$

$$\sum M_c = 0 \quad -152,5 \cdot 500 + V_c \cdot 1.000 = 0 \quad (3)$$

$$\sum M_c = 0 \quad 152,5 \cdot 500 - V_B \cdot 1.000 = 0 \quad (4)$$

$$V_c = \frac{152,5 \cdot 500}{1.000}$$

$$V_B = \frac{152,5 \cdot 500}{1.000}$$

$$V_A = 76,25 \text{ (kg)}$$

$$V_E = 76,25 \text{ (kg)}$$

$$H_A = 0 \text{ (kg)}$$

$$H_E = 0 \text{ (kg)}$$

Momento máximo:

$$M_{m\acute{a}x} = V_c \cdot 1.000 = 76,25 \text{ (kg)} \cdot 500 \text{ (mm)}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 38.125 \text{ (kg} \cdot \text{mm)}$$

**Tabla N°3.2. Resumen de cargas.**

Reacciones	Carga Producida Extremos	Carga producida centro
H <sub>A</sub>	0 (kg)	0 (kg)
H <sub>D</sub>	0 (kg)	0 (kg)
V <sub>C</sub>	-45,75 (kg)	76,25 (kg)
V <sub>B</sub>	198,25 (kg)	76,25 (kg)
M <sub>Max</sub>	-45.750 (kg·mm)	38.125 (kg·mm)

### 3.5.4. Dimensionamiento del marco.

#### VIGAS Y COLUMNAS.

Como la mayor sollicitación es por flexión, el esfuerzo producido se calculará por:

$$\sigma = \frac{M \cdot C}{I}$$

donde:

- $\sigma$  : Esfuerzo debido a la flexión.
- M : Momento de flexión.
- C : Distancia más alejada de la línea neutra.
- I : Momento de inercia.

El momento máximo producido por flexión corresponde a la combinación de peso propio + agua y como se puede ver su magnitud es:

$$M_{m\acute{a}x} = -45,75 \text{ (kg - m)}$$

Por teorema de Steiner o de los ejes paralelos el momento de inercia con respecto a Y-Y es:

$$I_{yy} = 2(I_{yy'} + A \cdot d^2)$$

Se seleccionará un perfil con las siguientes características:

Designación: Perfil Cuadrado 75 x 75 x 5 (mm)

Dimensiones: B = 75 (mm)

e = 5 (mm)

H= 75 (mm)

Propiedades:  $P = 10,48 \text{ (kg/m)}$   
 $A = 13,36 \text{ (cm}^2\text{)}$   
 $I = 105,92 \text{ (cm}^4\text{)}$   
 $W = 28,25 \text{ (cm}^3\text{)}$   
 $I = 2,82 \text{ (cm)}$

$$C = \frac{L}{2} = \frac{75 \text{ (mm)}}{2} \rightarrow C = 37,5 \text{ (mm)}$$

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot C}{I} = \frac{45,75 \text{ (kg - m)} \cdot 100 \cdot 3,75 \text{ (cm)}}{105,92 \text{ (cm}^4\text{)}} = 161,97 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Como se observa  $\sigma < \sigma_{adm}$ , por lo tanto se selecciona el perfil designado, es decir: C 75 x 75 x 5 (mm).

### 3.5.5. Verificación de la columna al pandeo.

Para la columna se tiene la siguiente situación a condición de extremos: empotrada en el hombro y articulada en su extremo inferior, la longitud viene dada por:

$$L_{effect} = 0,707 L$$

Del cuadro de resumen de reacciones, la carga vertical máxima corresponde a la combinación de

$$V_{max} = 198,25 \text{ (kg)} = P$$

Se calcula la relación de esbeltez ( $\lambda$ ) para los ejes X-X e Y-Y, y se trabajará con el mayor de ellos, pero como se trata de un perfil cuadrado solo se utilizará una relación para ambos, se determinará porque bajo ese eje existe mayor posibilidad de pandeo.

La esbeltez viene dada por:

$$\lambda = \frac{L_{efect}}{r} \qquad r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Respecto al eje X-X

$$I_x = I_y \qquad A_1 = A_2 = A$$

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot I}{2 \cdot A}} \rightarrow r \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{105,92 \text{ (cm}^4\text{)}}{13,36 \text{ (cm}^2\text{)}}} \rightarrow r = 7,92 \text{ (cm)}$$

El largo efectivo es:

$$L_{efect} = 0,707L = 0,707 \cdot 200 \rightarrow L_{efect} = 141,4 \text{ (cm)}$$

luego la esbeltez es:

$$\lambda_{xx} = \frac{141,4 \text{ (cm)}}{7,92 \text{ (cm)}} \rightarrow \lambda_{xx} = 17,85 = \lambda_{yy}$$

En la intersección de la recta  $\sigma_0 = \text{constante}$  y la Ecuación de Euler se tiene lo siguiente:

$$\sigma_0 = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \qquad \lambda = \frac{\pi^2 E}{\sigma_0}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}}{2.550 \text{ (kg/cm}^2\text{)}}} = 87,98$$

Según la parábola de Johnson el  $\lambda$  que define el término del rango intermedio es:

$$\lambda = \sqrt{\frac{2 \pi^2 E}{\sigma_0}}$$

Reemplazando:

$$\lambda = \sqrt{\frac{2\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6}{2.550}} \quad \lambda = 124,42$$

Entonces

$0 \leq \lambda \leq 40$           Rango de bloqueo a compresión

$40 < \lambda \leq 124,42$       Rango intermedio

$124,42 < \lambda$           Rango de esbeltez

Como  $17,85 < 40$  no se produce el efecto de pandeo.

Cálculo de Carga Crítica.

Fórmula de la parábola de Johnson

$$\frac{P_{crit}}{A} = \sigma_0 \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{4 \cdot \pi^2 \cdot E} \cdot \lambda^2\right)$$

para que la columna no se pandee:  $P \leq P_w$ , donde:

$P_w$  = carga de trabajo.

$$P = V = 198,25 \text{ (kg)}$$

$P_w = \frac{P_{crit}}{K}$ , k: coeficiente de seguridad.

$$P_{crit} = \sigma_0 \cdot A \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{4 \cdot \pi^2 \cdot E} \cdot \lambda^2\right)$$

$$P_{crit} = 2.550 \cdot 13,36 \cdot \left(1 - \frac{2.550}{4 \cdot \pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6} \cdot 17,85^2\right)$$

$$P_{crit} = 33.717,4 \text{ (kg)}$$

$$P_w = \frac{P_{crit}}{K} = \frac{33.717,4 \text{ (kg)}}{2} \rightarrow P_w = 16.858,7 \text{ (kg)}$$

Luego se comprueba que  $P < P_w$  con lo cual no existe falla por pandeo. Finalmente se puede decir que el seleccionado es un perfil Cuadrado 75 x 75 x 5 (mm), soporta las cargas a que se encuentra sometidas.

### **3.6. Conclusión**

Se ha representado un problema de estructura que mediante expresiones matemáticas se determinaron las condiciones y características adecuadas para la elaboración de la etapa de lavado, los resultados obtenidos con dichas expresiones fueron respaldadas por el programa de ingeniería Autodesk Simulation Mechanical o mejor dicho por elementos finitos.

Tras este análisis se propone las dimensiones, cargas y condiciones de la estructura para que no falle por pandeo y sobreesfuerzo, con esto minimizar los costos de materiales y equipos implementados en esta etapa.

Además el software ofrece la visualización de los puntos o sectores más afectados tras el transcurso del proceso, reforzando y recalculando los puntos más críticos.

En cuanto a los resultados entregados para este proyecto los materiales empleados en las diferentes estructuras son capaces de soportar las fuerzas producidas por los pesos del contenedor con agua (soporte del contenedor) y por el tecele (soporte de tecele), indicando de este modo que los perfiles y planchas seleccionadas son las adecuadas para el proceso.

Cabe mencionar que si por alguna razón existiera una sobrecarga dichas estructuras son capaces de soportar hasta el doble de lo señalado en los cálculos.

## Capítulo 4

### PROCESO DE SECADO

Etapa donde se reciben las lombrices lavadas, desinfectadas y después de haber pasado por un control de calidad (supervisión) y siendo aprobado, se procede a secarlas en un horno, en el cual se debe tener cuidado de no lastimar o dañar a las lombrices.

En este proceso se deberá emplear una temperatura inferior a los 70 °C para una cantidad determinada con respecto a la capacidad del horno seleccionado, que corresponde a 60 kg/hrs, en el caso de elevar la temperatura se secarán más rápido produciendo la tostada de lombriz, lo que generará un sabor que no está dentro de los parámetros, si es inferior la lombriz traerá un porcentaje de humedad que no es necesario y que perjudicará a la etapa siguiente y al producto final. Por lo tanto la temperatura debe ir de la mano con el tiempo de secado del proceso.

El tiempo óptimo de secado debe ser alrededor de 2 a 2 horas y media, junto con la temperatura ya indicada será un paso fundamental para evitar daños en la proteína de la lombriz.

Con estos parámetros el proceso entrega una calidad, presencia, sabor y porcentaje de humedad adecuado para pasar a la próxima etapa.

Finalmente el secado se suspende cuando la pasta formada se deja retirar con facilidad, siendo de un aspecto vidrioso, delicado y quebradizo, lo cual ocurre en el tiempo ya mencionado.

#### 4.1 Selección del horno <sup>[2]</sup>:

El horno seleccionado es un horno turbo convector de 8 bandejas (Modelo 2107), a gas, con las siguientes características:

- Material: Acero Inoxidable.
- 8 Bandejas de 65 x 65 cm
- Pedestal Reforzado, contiene placa Reflectora de Calor.
- Dimensiones (mm): 1200x870, Fondo (mm): 700
- Placa superior en acero inoxidable.
- Puerta con diseño arredondeado.
- Soporte de asaderas de fácil remoción.
- Lámparas halógenas 12v.
- Puerta con regulación.
- Vidrio con excelente visualización y practico sistema de sellado y remoción.
- Turbina con mejor rendimiento.
- Sistema de traba para más seguridad.
- Manija de baquelita.
- Protección del quemador en acero inoxidable.
- Quemador de cajón de fácil remoción.
- Puerta con sistema de doble cierre.
- Mejor sellado y menor consumo de gas.

-Sistema de seguridad del gas: Control de llama que corta inmediatamente la entrada de gas cuando ocurre la ausencia de llama o si el quemador se apaga.

-Sistema de ventilación interna: Turbina que provoca el movimiento del aire adentro de la cámara de manera que hace la cocción de forma uniforme.

-Sellado : El sistema de sellado de la cámara de cocción con goma en el vidrio, ofrece una gran eficiencia de sellado del vapor en el interior del horno y evita pérdidas. Con este diferencial, la vida útil de la goma aumenta.

-Aislamiento térmico : de gran eficiencia en capas de lana de roca, evitando la pérdida de calor y proporcionando gran economía de energía e uniformidad en la temperatura interna de la cámara.

Moldura y puerta en acero inoxidable satinado.

- Panel de comando : De fácil operación con vapor pre-programado y accionamiento manual, control de temperatura y tiempo digital.

La ventaja principal de este tipo de horno es que ahorra en un 20% en el tiempo de cocción normal.

La selección de este horno es netamente porque tiene la capacidad de mantener una humedad deseada en el producto, como es nuestro caso; ya que el resto de los hornos más sencillos no cumplían con exactitud dicha función, sino que más bien resecaaban por completo el producto.



**Figura N°4.1. Horno Turbo Convector**  
***Bandejas.***



**Figura N°4.2. Horno Turbo Convector**

[2] El link del modelo seleccionado se encuentra indicado en la bibliografía

## Capítulo 5

### PROCESO DE MOLIENDA

Proceso en el cual el producto después de enfriado es llevado al molidor, para ser triturado en partículas más pequeñas, otorgando un tamaño necesario para la mezcla del alimento con otros, y posterior comercialización.

La molidora seleccionada consta de 3 o 4 placas que le darán el tamaño al grano dependiendo del uso.

#### 5.1 Selección de la molidora <sup>[2]</sup>:

Características de la Molidora:

- Estructura de acero inoxidable.
- Piezas internas en contacto con el alimento.
- Completamente en acero inoxidable.
- Cuentan con bandeja receptora y elemento de presión.
- 220v 50 Hz.
- Incluye kit rejilla y cuchillo adicional.
- Modelo KM32A con ruedas para su fácil traslado

#### Especificaciones Técnicas

Modelo:	C-12
Dimensiones (mm):	450x295x450
Consumo (W):	650
Peso (kg):	22
Producción:	120 kg/hr

<sup>[2]</sup>El link del modelo seleccionado se encuentra indicado en la bibliografía



**Figura 5.1.** *Moledora seleccionada*



**Figura 5.2.** *Harina*

## 5.2. Proceso de envasado

Luego de la etapa de molienda la harina será almacenada en sacos de 50 kg o menos, los cuales a medida que se llenen se irán sellando con la cosedora y almacenando, para que puedan conservar una humedad considerable (12%).

A continuación una tabla con la información nutricional de la harina, que será entregada a los compradores:

**Tabla N° 5.1. Bromatología de la harina de lombriz.**

BROMATOLÓGICO		MINERALES		MINOGRAMA (Parcial)		ENERGIA
Proteínas	75,4%	Calcio	1,30%	Lisina	8,27%	2.530 kcal/kg
Grasa	9,91%	Fósforo	1,05%	Metionina	1,00%	
Fibra	0,70%	Sodio	0,62%	Proteína metenamina	3,7%	
Humedad	8,26%	Cloro	0,75%			
Cenizas	8,61%					

El uso de las bolsas de papel no es recomendable utilizar en este caso, porque la harina se humedece muy fácilmente con la humedad que contiene el ambiente, la cual provoca la generación de ataques de hongos u otros patógenos, que contaminan y degradan rápidamente el producto, por eso se seleccionarán unos sacos laminados impermeables, que tienen como característica guardar la humedad necesaria, en este caso del alimento o harina.

## Capítulo 6

### FIABILIDAD DE LA RENTA PARA LA PUESTA EN MARCHA

#### 6.1 Determinación de Precio

Se trató de buscar referencias de precio del kg de harina de lombriz. Por lo que se averiguó, acá en Chile no se produce este tipo de harina. Esta harina alcanza un valor muy elevado en el extranjero de aproximadamente los \$20.000 pesos chilenos por kilogramo. Sabemos que es un precio muy elevado y la mayoría de las partes en las que se averiguó su uso es para consumo humano, ya sea vendiéndose como suplementos alimenticios, cápsulas que proporcionan vitaminas y proteínas, etc.

Considerando que el proceso propuesto es artesanal y su consumo es netamente para alimentación animal le daremos un precio más asequible, pero siempre considerando los múltiples beneficios que tendrá esta harina en las aves y animales ya antes mencionados por sobre otros tipos de proteína animal.

Se establecerá un precio superior al de harina de pescado <sup>[3]</sup>, ya que se necesita menos proporción al momento del consumo.

\$4.500 el kilogramo de harina —————> \$2.250.000 por los 500 kg

Como referencia se puede explicar que para las aves (de avícolas), se utiliza de 7% a un 12% de proteína animal en los alimentos, lo cual puede ser un referente para promocionar con mayor razón la harina de lombriz ya que por lo que se ha averiguado con un porcentaje mucho más bajo que éste bastaría para alimentar a las aves y animales, entregando a la vez igual o mucho mejor calidad de proteína en referencia a la de vacuno o de pescado. Esta información compensaría de algún modo el precio de la harina de lombriz.

<sup>[3]</sup> La información con respecto al precio de la harina de Pescado, se encuentra indicado en un link en la bibliografía

## 6.2 Costos fijos y variables

A continuación se mostrara las tablas de costos fijos y variables, para la puesta en marcha:

### 6.2.1. Costos Fijos

Costo	Precio uni.	Cant.	TOTAL
Galpón	\$3.000.000	1	\$3.570.000
Bins	\$110.000	1	\$110.000
Estructura lavadero		1	\$435.000
Puntera instalación	\$345.000	1	\$345.000
Estanques	\$90.000	3	\$270.000
Mangueras de 1" Plansa agricola vinilit, 10 (m), 6 (Bar)	\$6.000	1	\$6.000
Tecele 0.5 Ton, 2.5 m cadena reforzada	\$52.490	1	\$52.490
Carro para tecele	\$89.250	1	\$89.250
Válvula bola	\$6.000	3	\$18.000
Conectores 1"	\$190	14	\$2.660
Tuerca hexagonal G2 5/8" zincanada	\$690	12	\$8.280
Perno de anclaje 5/8" x 4" (bolsa de 10 pernos)	\$14.990	2	\$29.980
Horno turbo convector	\$2.975.000	1	\$2.975.000
Trituradora	\$154.700	1	\$154.000
Carro transportador de peso	\$50.000	2	\$100.000
Placa seleccionadora (trituradora)	\$15.000	2	\$30.000
Cosedora de sacos	\$238.000	1	\$238.000

Palas de relleno	\$5.000	2	\$10.000
Pesa industrial	\$100.000	1	\$100.000
Extintor (2kg)	\$15.000	1	\$15.000
Selladora de bolsas	\$15.000	1	\$15.000
			<b>Total: \$8.573.660</b>

### 6.2.2. Costos variables

#### Consumo energético

Cantidad	Discripción	Valor Unitario	Energía (Watts-h) por unidad	Tiempo uso al mes (horas)	Energía (kW-h/mes)	Consumo mensual(\$)	Precio kW-h
1	Horno turbo convector	\$ 2.975.000	350	156	55	7.098	130
1	Bomba Hidraulica (Puntera)	\$ 44.990	373	2	1	97	
1	Triturador	\$ 154.700	650	26	17	2.197	
1	Cosedora de sacos	\$ 238.000	5	1	0	1	
1	Pesa industrial	\$ 100.000	5	6	0	4	

<b>Total costo energético distintas máquinas</b>	<b>9.397</b>
--	--------------

COSTO	PRECIO x UNIDAD	CANT.	TOTAL
Materia prima.	\$150.000	10	\$1.500.000
Movilización.	\$25.000	8	\$30.000
Colador Ac. Inox.		1	\$3.900
Sal	\$300	20	\$6.000
Desinfectante 20 lts.	\$33.000	1	\$33.000
Guantes policotón pigmentado.	\$374	13	\$4.862
Caja Guantes de látex.	\$3.000	2	\$6.000
Baldes.	\$4.000	5	\$20.000
Saco laminado impermeable 50 kg (54x102)	\$185	15	\$2.775
Fardos de paja trigo (28kg)	\$1.500	10	\$15.000
			Total: \$ 1.621.537

### 6.2.3. Conclusión

Después de haber dado a conocer los costos variables del proyecto, se dará énfasis en la parte de costo de los fardos, debido a que estos se consiguen por un precio muy bajo; ya que, un fardo de paja triturada y acompañado de materia orgánica que muy fácil conseguir diariamente en el hogar se puede utilizar para alimentar a las lombrices.

Debido a esta información puedo concluir que con un costo de fardos relativamente bajo, se puede perfectamente trabajar la Lombricultura a la par con la fabricación de la harina de lombriz (una misma persona), sin tener que depender de otras familias para incluir al proyecto y siendo esto de ese modo los costos variables cambiarían drásticamente su total.

Costos variables modificados:

COSTO	PRECIO x UNIDAD	CANT.	TOTAL
Hora hombre			\$200.000
Movilización.	\$20.000		\$20.000
Colador Ac. Inox.		1	\$3.900
Sal	\$300	20	\$6.000
Desinfectante 20 lts.	\$33.000	1	\$33.000
Guantes policotón pigmentado.	\$374	13	\$4.862
Caja Guantes de látex.	\$3.000	2	\$6.000
Baldes.	\$4.000	5	\$20.000
Saco laminado impermeable 50 kg (54x102)	\$185	15	\$2.775
Fardos de paja trigo (28kg)	\$1.500	50	\$75.000
Costo Energético			\$9.397
			Total: \$ 380.934

Claramente los costos variables bajaron considerablemente en comparación a la propuesta anterior dejando una ganancia mensual aproximada de \$1.620.000.

También hay que tener en cuenta el costo fijo, que ronda los \$7.500.000, los cuales se deberán amortizar en el tiempo y ese pago saldrá de la ganancia antes ya mencionada.

### 6.3. Posibilidad de financiamiento

A continuación se dará a conocer algunos de las tantas maneras de financiamiento que ofrece el gobierno, para la puesta en marcha de proyectos. Pymes, etc. Para microempresarios.

- a) Capital Semilla: Por cada postulación, CORFO financiará un monto máximo de \$25.000.000. El subsidio otorgado no podrá ser superior al 75% del monto total del presupuesto presentado y aprobado para el proyecto.

Por lo tanto, el/la beneficiario/a de la línea de financiamiento deberá realizar un aporte de al menos el 25% del costo total del proyecto, el que deberá ser exclusivamente pecuniario.

Los recursos asignados son no reembolsables y se entregarán directamente al beneficiario, una vez que se hayan entregado las correspondientes garantías.

- b) Crédito CORFO: Este crédito financia inversiones y CAPITAL de trabajo que realicen pequeños empresarios, micro y pequeñas empresas.

Entrega un monto máximo de UF 5.000 (\$105 millones de pesos chilenos, aproximadamente), y a 120 meses de plazo máximo.

Este crédito no financia inversiones en tecnologías contaminantes, pago de impuestos y el otorgamiento de créditos a personas relacionadas en propiedad o gestión.

- c) INDAP: Consta de una serie de programas de asistencia financiera, de créditos de corto o largos plazos, para distintos tipos de proyectos. También consta de programas de fomento productivo o cofinanciamientos para pequeños emprendedores en diferentes áreas de la agricultura.

## CONCLUSIONES

El tema propuesto una vez realizado permite determinar que se obtienen buenos y viables resultados por todo lo que se hizo y averiguó, dejando una renta considerable. Más atractivo sería dar un giro al comienzo de la propuesta que consistía en trabajar con cierta cantidad de familias (10) a la vez, las cuales trabajarían la producción de lombricultura, es decir, de ellos dependería la materia prima por lo tanto podría causar problemas en algún momento en el transcurso del desarrollo del proyecto. Para evitar ciertos problemas se puede proponer que la propia familia se inicie con el proyecto total, ya que para la gente de campo (zona rural) no sería ningún problema hacerlo, o aún mejor trabajar a la par con 1 ó 2 familiares directos de la misma zona que le hagan entrega de la materia prima trabajando la lombricultura, ya que trabajar con familiares directo sería menos engorroso y se evitarían futuros problemas ya que todo quedaría en familia.

Como se puede apreciar en el capítulo 6, la tabla de “costos variables modificados”, está la propuesta que se plantea, dejando una renta mensual de \$1.620.000 aprox que puede ser repartido en partes iguales en el caso de que fueran 3 familias la que trabajan el proyecto, siempre considerando una ganancia extra del 20% para la familia que llevará a cabo la producción, ya que necesitará amortizar en el tiempo los costos fijos de éste y fácilmente se puede considerar una rebaja considerable al precio del kilogramo de harina de lombriz de \$4.000 a \$3500 aproximadamente, siempre considerando que esto sería un ingreso extra para cada familia ya que la producción no necesita dedicación a tiempo completo.

El tema de la alimentación de las lombrices no sería un problema, porque como ya se analizó en los costos variables, el precio de los fardos de paja es de muy bajo costo y estos mezclados con abono de animales de campo y materia orgánica que es fácil de conseguir en los hogares se puede mantener fácilmente el tema alimenticio.

No podemos dejar de mencionar, que entrará una ganancia extra, a través de la lombricultura, porque como se sabe esto produce lombri-compuesto, mejor conocido como HUMUS, un muy buen fertilizante natural-orgánico-ecológico, para plantas y árboles que enriquece Física, Química y Biológicamente a la tierra. Y que su precio

por kilogramo ronda los \$2.000 y del cual se obtiene por 10 kg de lombriz, 6 kg de HUMUS. El proyecto se puede complementar en un futuro agregando el envasado del HUMUS y también porque no decir la producción de plantas y/o árboles ornamentales para sacar provecho de este fertilizante de tan buena calidad.

También hay que tener en cuenta y de importancia que se visualiza que esta propuesta puede ser un muy buen negocio, que dejaría altas ganancias. Pero sin clientes lamentablemente no hay negocio, y para eso hay que tener una clientela fija. Para que esto surta efecto recomendaría entrar al área de las avícolas las que poseen un buen poder comprador y así nuevamente se podría modificar la línea para poder producir un completo alimento animal y en especial avícola.

Finalmente la línea de producción propuesta permite obtener buenos posibles proyectos de realización teniendo en cuenta que no se necesita mucho para empezar con una línea de producción pequeña y artesanal, y que si el negocio da buenos frutos a medida que pase el tiempo pueda ir mejorando la línea de producción, ya sea en tamaño y equipamientos, llegando a ser un negocio viable.

.

## **BIBLIOGRAFÍA y REFERENCIAS**

### **Normas**

- Instituto Nacional de Normalización (Chile). Especificaciones para el cálculo de estructura de Acero. NCH 427, 1976. P 123.

### **Seminarios**

- NAVARRO Cangana, Andrés. Diseño y calculo de galpón estructural. Seminario de titulo (Ing. Ejec. Mecánica.). concepción, Chile. Universidad del Biobío, Depto. De Ingeniería Mecánica, 1982.

### **Páginas Web**

- <sup>[1]</sup> <https://sites.google.com/site/wwwheniheny/home22326>
- <http://www.acmor.org.mx/cuam/biol/230lombrices.pdf>
- <http://www.totcompost.com/descargas/aplicaciones%20vermicompost.pdf>
- <sup>[2]</sup> <http://www.seul.cl/tienda/99-horno-turbo-convector-8-bandejas.html>
- <sup>[3]</sup> <http://www.economiaynegocios.cl/noticias/noticias.asp?id=119281>
- <http://www.corfo.cl/inicio>

### **Revista Electrónica**

- Harina de lombriz, alternativa proteica en trópico y tipos de alimento [en línea]. Perú. Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana, 1996, volumen 8 No. 2. Disponible <<http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL681.pdf> >
- Optimización de la operación de secado de la carne de lombriz, para producir harina destinada al consumo animal [en línea]. Merida, Venezuela. Revista Ciencia e Ingeniería, Universidad de los Andes, Depto. de ciencia de los alimentos, 2008, volumen 29 No. 2, ISSN 1316-7081. Disponible

<<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaeingenieria/article/view/247/269>

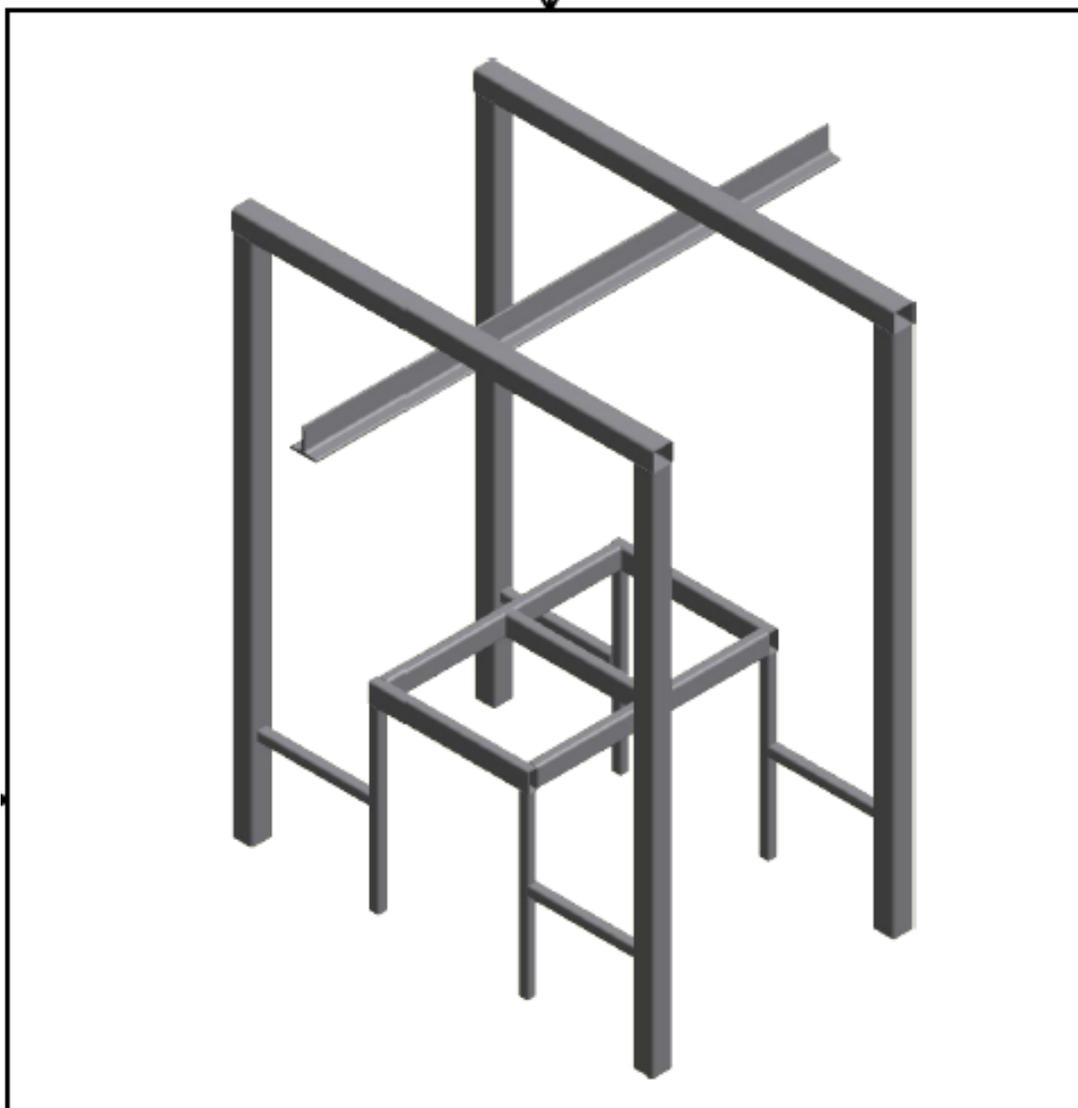
>

- Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA)[en línea]. Merida, Venezuela. Revista Ciencia e Ingeniería, Universidad de los Andes, Depto. de ciencia de los alimentos, 2003. Disponible <<http://www.bionica.info/biblioteca/Vielma2003HarinaLombriz.pdf>>

## **ANEXOS**

### Anexo A

A continuación se adjuntarán los planos de cada parte de la estructura del lavadero con su dimensionamiento respectivo.



4	FIJACION	01	ACERO ASTM A-36
3	SOPORTE TECLE	01	ACERO ASTM A-36
2	SOPORTE ESTANQUE	01	ACERO ASTM A-36
1	ESTANQUE	01	ACERO INOXIDABLE
N°	Nombre	Cantidad	Material
Escuela Ing. Mecanica	Programa de estudio Ing. Ejecucion Mecanica	Escala	Unidad mm
Seccion	Asignatura	Sistema 	
Fecha	Formato	Titulo Lavadero	
Dibujado	M. Oviedo	A4	UNIVERSIDAD DEL BIO BIO
Revisado	Revision		

Figura N° A.1. Estructura de Lavadero

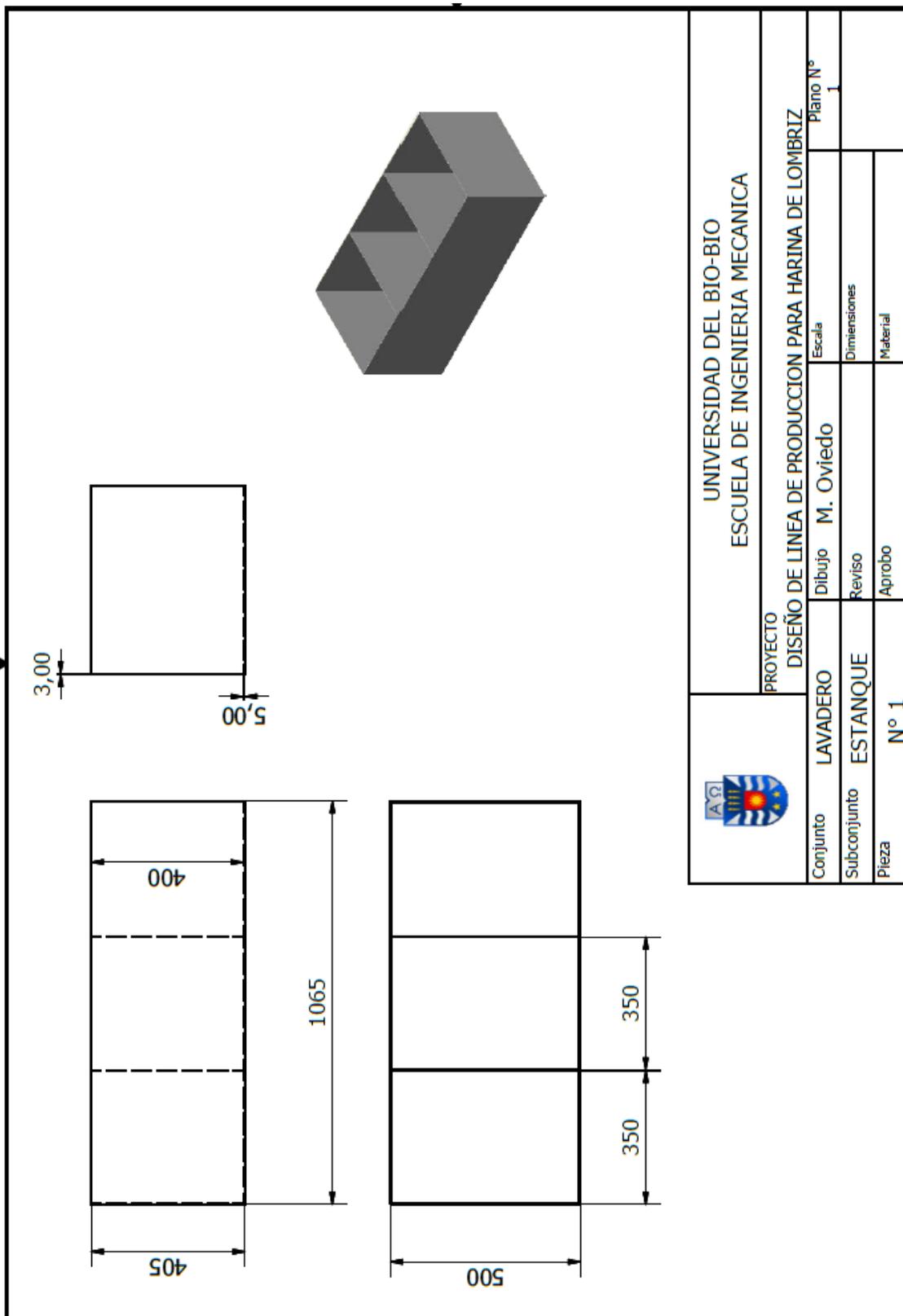


Figura N° A.2. Plano estanque o contenedor.

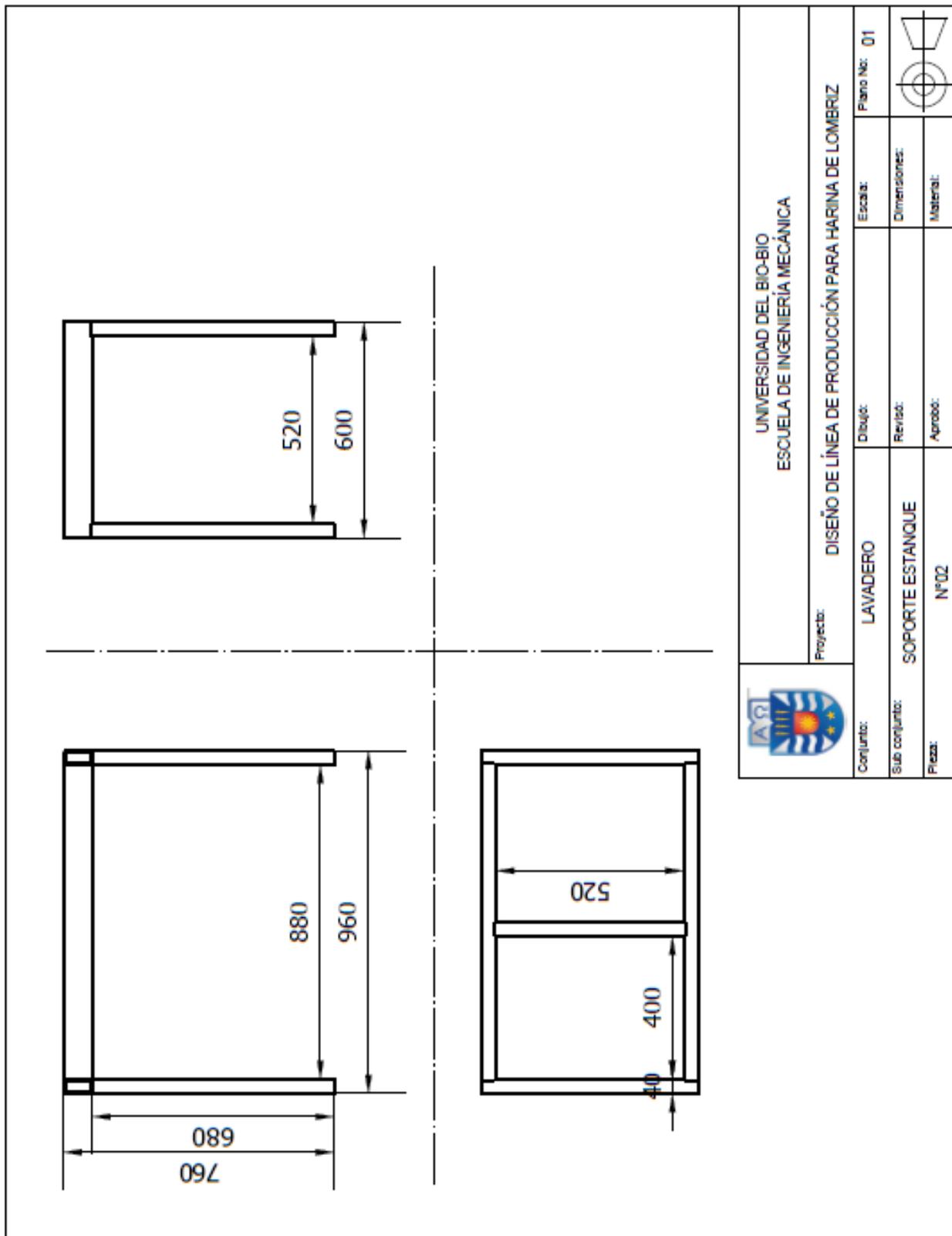


Figura N° A.3. Plano soporte de estanque.

		UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA	
		Proyecto: DISEÑO DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN PARA HARINA DE LOMBRIZ	
Conjunto: LAVADERO	Dibujó:	Escala:	Plano No: 01
Sub conjunto: SOPORTE ESTANQUE	Revisó:	Dimensiones:	
Pieza: N°02	Aprobó:	Material:	

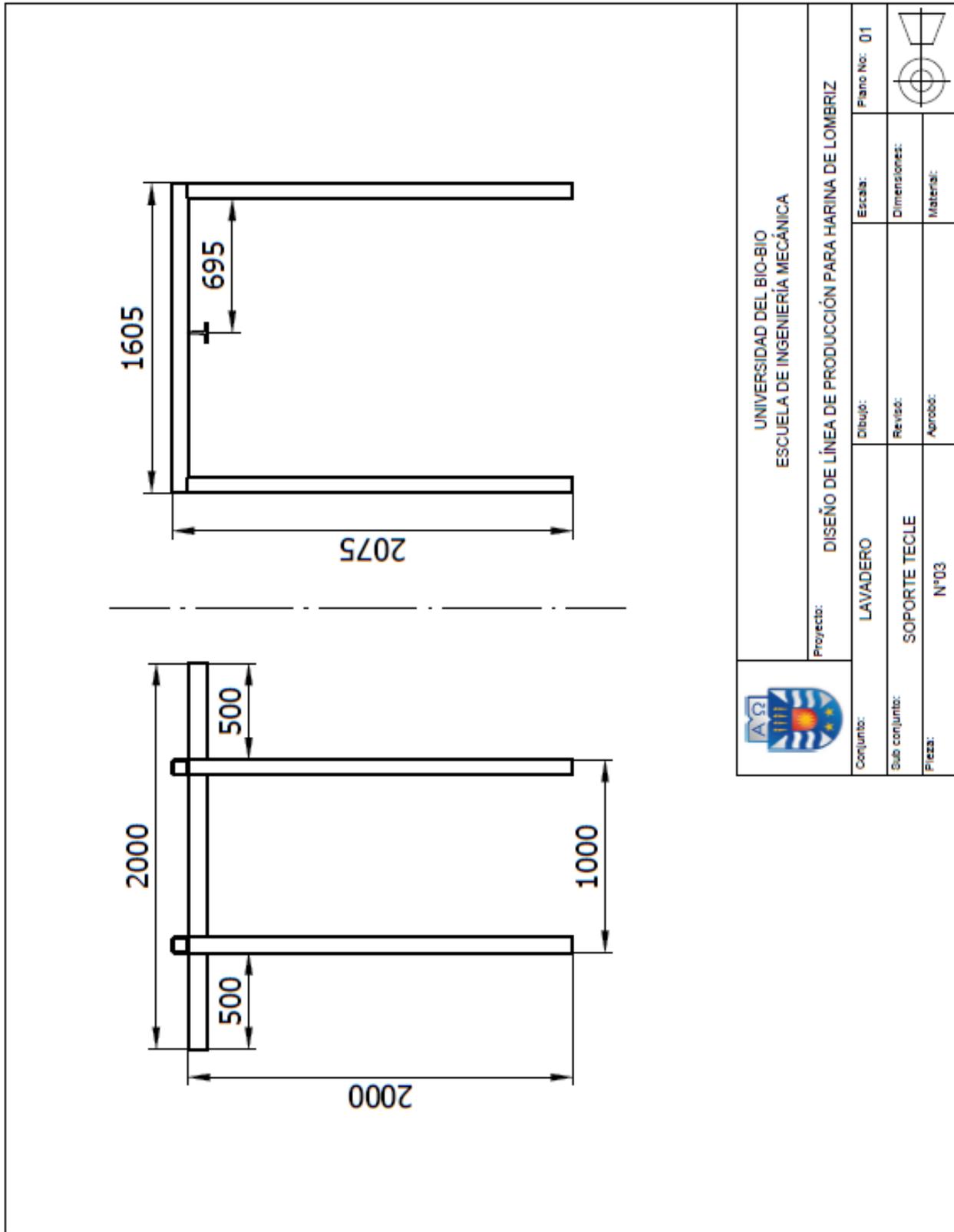
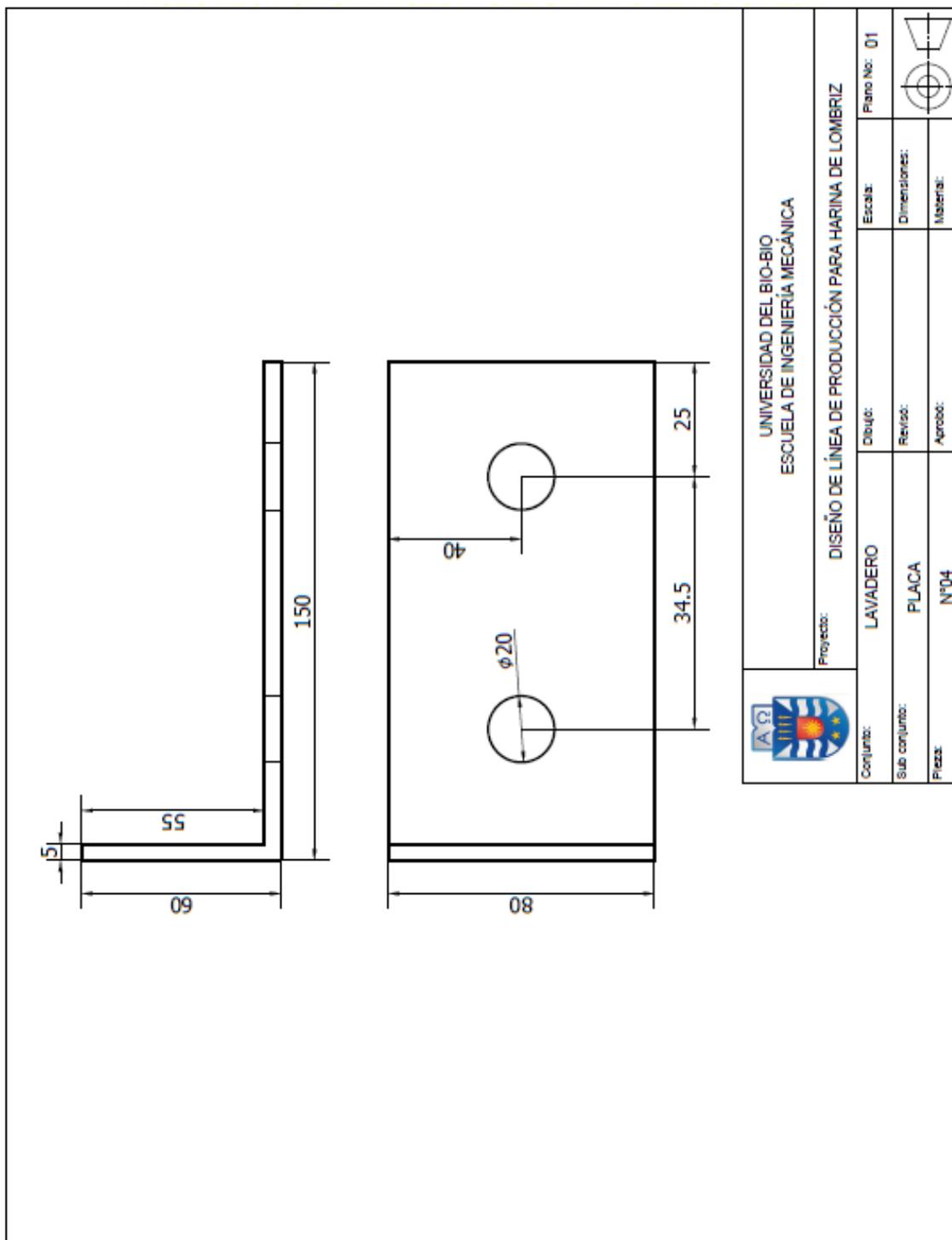


Figura N° A.4. Estructura Soporte del tecle.



**Figura N° A.5. Placa de fijación**

La figura N° A.6. Corresponde a la placa que fijara la estructura completa al suelo.

### Anexo B

- Los siguientes cuadros corresponden a las características de los perfiles cuadrados utilizados en la Estructura del Lavadero, mencionados en el Capítulo 3.

Dimensiones nominales		Peso teórico	Area A	Ejes X-X e Y-Y		
A	Espesor			I	W	i
mm	mm	Kgt/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
15	1,0	0,42	0,53	0,17	0,23	0,56
	1,5	0,59	0,75	0,22	0,29	0,54
20	1,0	0,58	0,73	0,43	0,43	0,77
	1,5	0,83	1,05	0,58	0,58	0,74
	2,0	1,05	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,0	0,73	0,93	0,88	0,71	0,97
	1,5	1,06	1,35	1,21	0,97	0,95
	2,0	1,36	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,0	0,89	1,13	1,57	1,05	1,18
	1,5	1,30	1,65	2,19	1,46	1,15
40	2,0	1,68	2,14	2,71	1,81	1,13
	1,0	1,20	1,53	3,85	1,93	1,59
	1,5	1,77	2,25	5,48	2,74	1,56
	2,0	2,31	2,94	6,93	3,46	1,54
	3,0	3,30	4,21	9,28	4,64	1,48

Figura N° B.1.

Dimensiones nominales			Peso teórico	Area A	Eje X-X			Eje Y-Y		
A	B	e			I	W	i	I	W	i
mm	mm	mm	kgt/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
60	40	2	2,93	3,74	18,39	6,13	2,22	9,81	4,91	1,62
	40	3	4,25	5,41	25,31	8,44	2,16	13,38	6,69	1,57
	40	4	5,45	6,95	30,83	10,28	2,11	16,15	8,08	1,52
70	30	2	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
	30	3	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
80	40	2	3,56	4,54	37,33	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
	40	3	5,19	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,74	1,63
	40	4	6,71	8,55	64,59	16,15	2,75	21,33	10,67	1,58
100	50	2	4,50	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
	50	3	6,60	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
	50	4	8,59	10,59	133,88	26,78	3,50	44,76	17,90	2,02
	50	5	10,48	13,36	157,70	31,54	3,44	52,09	20,83	1,97
150	50	2	6,07	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
	50	3	8,96	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15
	50	4	11,73	14,95	380,98	50,80	5,05	65,92	26,37	2,10
	50	5	14,41	18,36	455,54	60,74	4,98	77,40	30,96	2,05
200	70	4	16,13	20,55	968,54	96,85	6,87	185,17	52,91	3,00
	70	5	19,90	25,36	1172,89	117,29	6,80	221,55	63,30	2,96
	70	6	23,58	30,03	1362,69	136,27	6,74	254,26	72,65	2,91

Figura N° B.2.

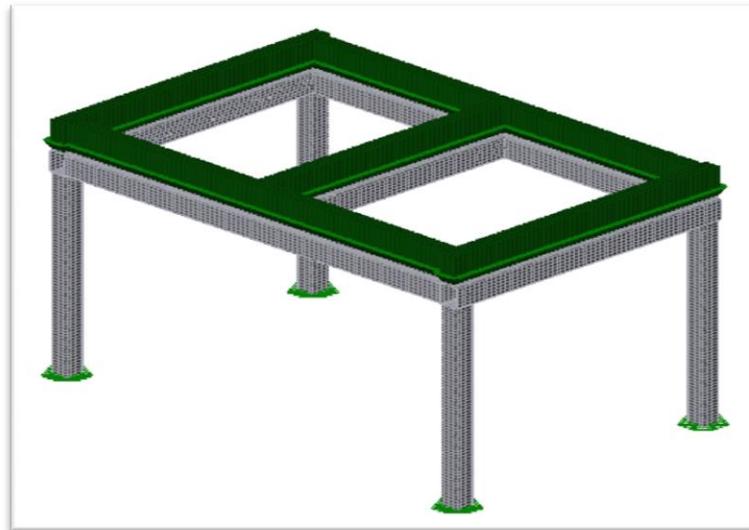
Dimensiones nominales		Peso teórico	Area A	Ejes X-X e Y-Y		
A	Espesor			I	W	i
mm	mm	Kgf/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm
50	1,5	2,24	2,85	11,06	4,42	1,97
	2	2,93	3,74	14,13	5,65	1,94
	3	4,25	5,41	19,41	7,76	1,89
	4	5,45	9,95	23,60	9,44	1,84
	5	6,56	8,36	26,78	10,71	1,79
75	2	4,50	5,74	50,47	13,46	2,97
	3	6,60	8,41	71,54	19,08	2,92
	4	8,59	10,95	89,98	24,00	2,87
	5	10,48	13,36	105,92	28,25	2,82
	6	12,27	15,63	119,48	31,86	2,76
100	2	6,07	7,74	122,99	24,60	3,99
	3	8,96	11,41	176,95	35,39	3,94
	4	11,73	14,95	226,09	45,22	3,89
	5	14,41	18,36	270,57	54,11	3,84
	6	16,98	21,63	310,55	62,11	3,79
135	4	16,13	20,55	581,38	86,13	5,32
	5	19,90	25,36	704,23	104,33	5,27

Figura B.3.

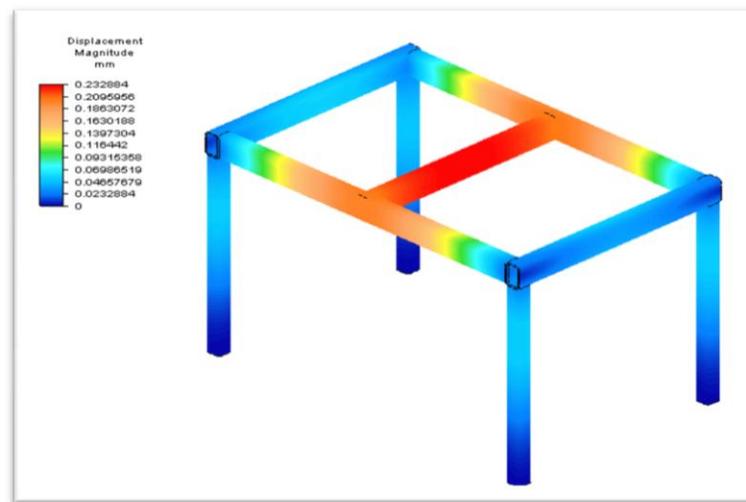
HEA IPBL	Dimensiones					Sección	Masa 1 mt	Momento de Inercia		Módulo Resistente		Radio de Giro	
	h	b	t	e	R			cm <sup>2</sup>	kg	I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>
	mm												
100	96	100	5,0	8,0	12	21,2	16,7	349	134	72,8	26,8	4,06	2,51
120	114	120	5,0	8,0	12	25,3	19,9	606	231	106	38,5	4,89	3,02
140	133	140	5,5	8,5	12	31,4	24,7	1030	389	155	55,6	5,73	3,52
160	152	160	6,0	9,0	15	38,8	30,4	1670	616	220	76,9	6,57	3,98
180	171	180	6,0	9,5	15	45,3	35,5	2510	925	294	103	7,45	4,52

Figura N° B.4. Perfil Tee.

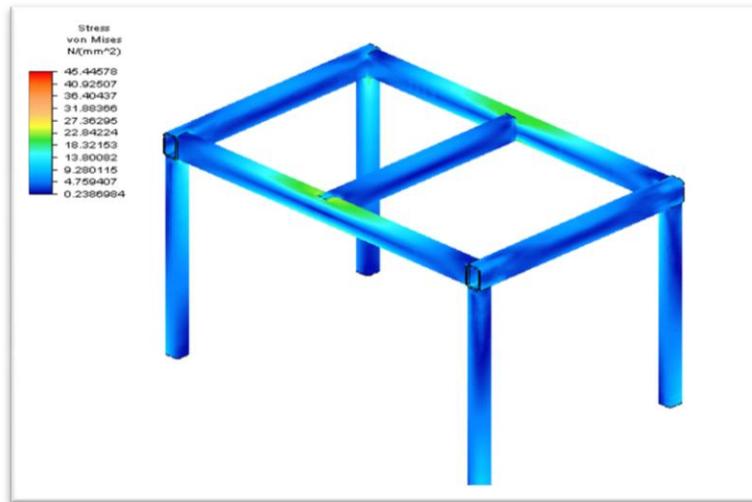
- Resultados de los Análisis Finitos de la Estructura del Soporte del lavadero.



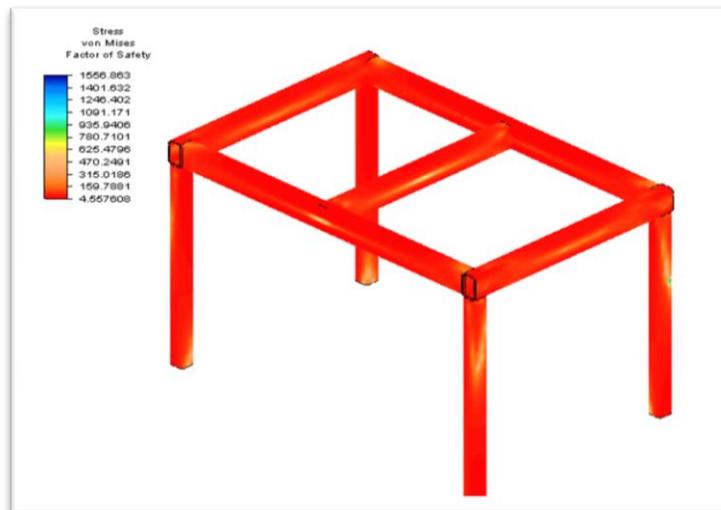
**Figura B.5.** Carga distribuida.



**Figura B.6.** Magnitud de desplazamiento, máximo 0,22 (mm)

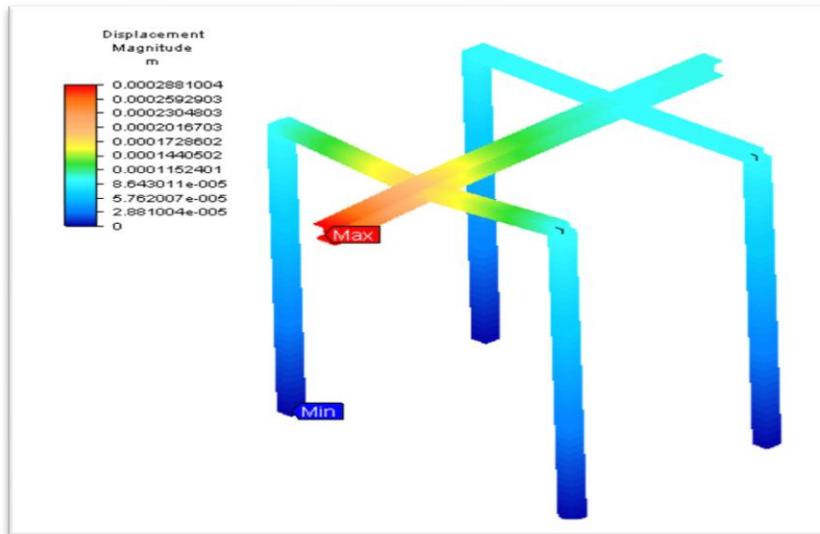


**Figura B.7.** *Máximo esfuerzo según Von Mises 45,44 N/mm<sup>2</sup>*

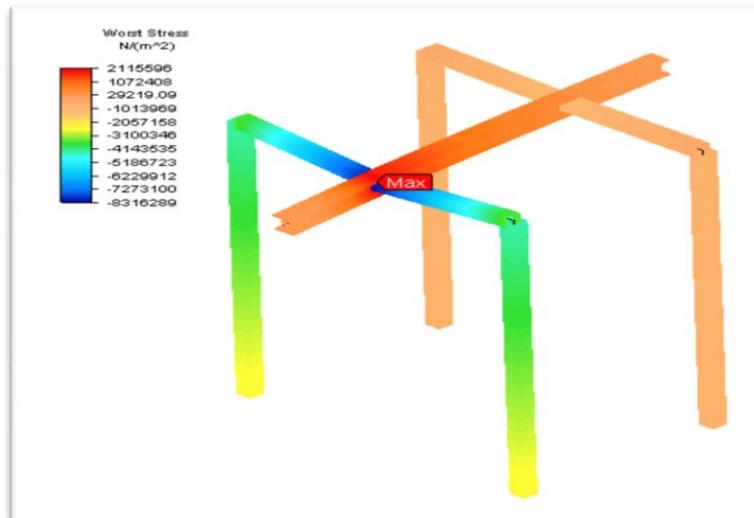


**Figura B.8.** *Factor de Seguridad según Von Mises; K = 4,5*

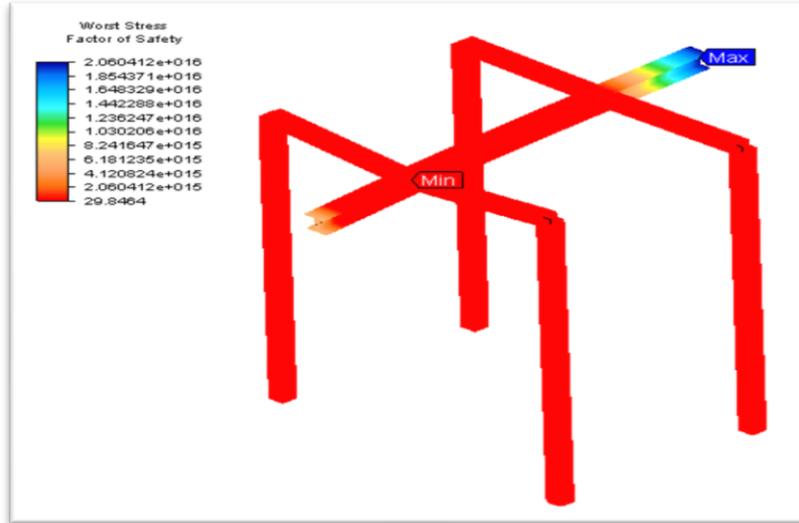
- Resultados de los Análisis Finitos de la Estructura del Tecele, carga aplicada en los extremos de la viga superior.



**Figura B.9.** Magnitud de desplazamiento, máximo 0,28 (mm)

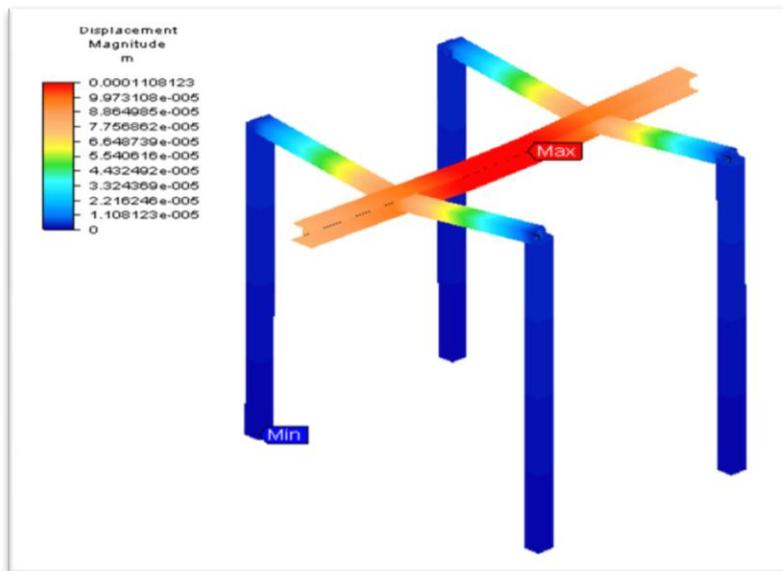


**Figura B.10.** Peor Estrés



**Figura B.11.** Factor de Seguridad;  $K=29$

- Resultados de los Análisis Finitos de la Estructura del Tecele. Carga aplicada en el centro de la viga superior.



**Figura B.12.** Magnitud de Desplazamiento

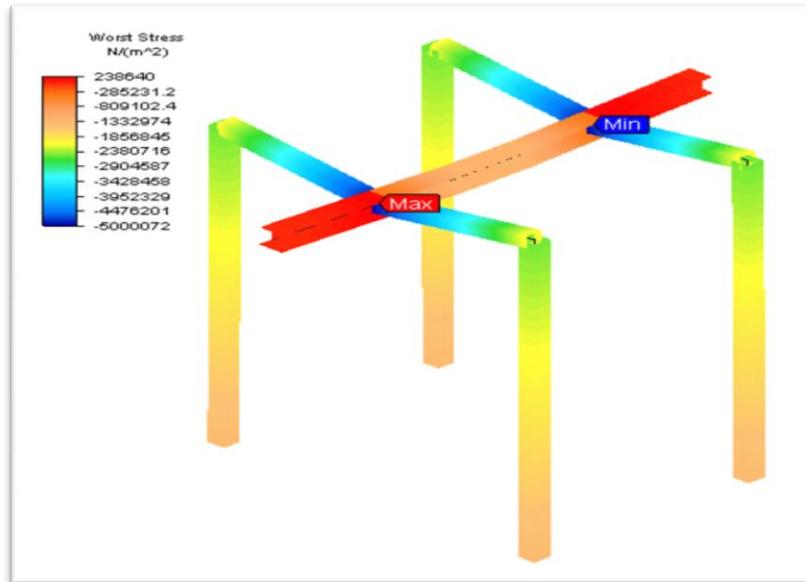


Figura B.13. Peor Estrés

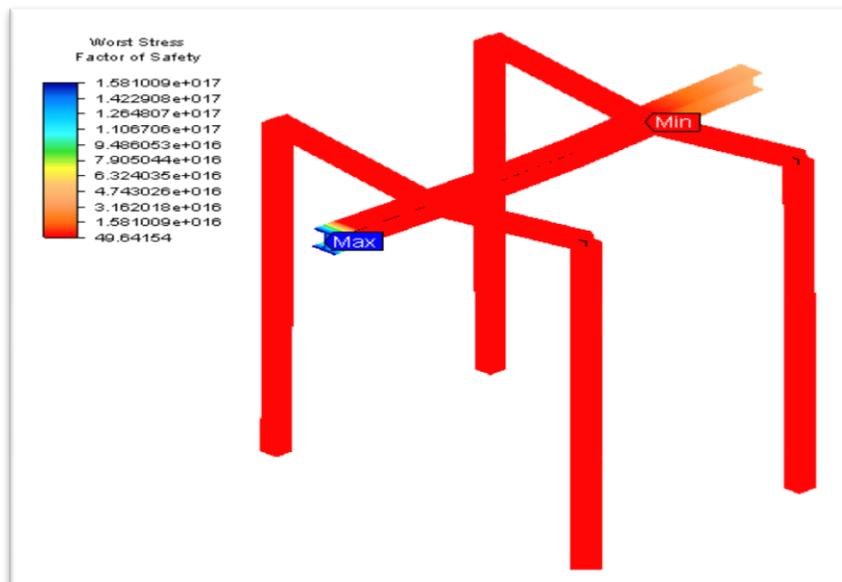


Figura B.14. Factor de Seguridad

Anexo C



Galpón.

1.- Altura de hombro	3.00mts.
Altura de cumbrera	3.80mts.
Distancia entre pilares	5.00mts.
Área	144mts <sup>2</sup> .

2.-Galpón constituido por **6** pilares fabricados en perfil **U 100 x 50 x 2.0mm**, y **3** cerchas fabricadas en perfil **U 100 x 50 x 2.0mm**, con tejido interior en Angulo **30 x 30 x 2.0mm**, **(MATERIALES UTILIZADOS DE PRIMERA CALIDAD DE ACERO A37-24B, SOLDADURA SEGÚN NCH 203 OF.68 SOLDADURA 7018.**

3.- perfiles CA 100 x 50 x 15 x 2.0mm. Para recibir cubierta de zinc pv4.

4.- Tensores aéreos y laterales, en Fe liso 8mm.

5.- Cubierta en plancha de zinc alum, pv4 0.35, Con caballetes 0.35mm.y con sujeción de auto perforantes.

6.- Fundaciones de hormigón armado H-20, 90% con dos pernos de anclaje de 5/8, fundación, según ingeniería, Para terreno de mediana a buena calidad. (Fundación sujeta, según ingeniería, es decir según calidad de suelo)

7.-Antióxido de terminación, previa limpieza de los materiales.

8.-Estructura apernada, costaneras soldadas.

9.-Plano de fabricación y memoria de cálculo de la estructura.

**Figura N° C.1.** *Especificaciones de Galpón.*