

E.1 Prueba de wilcoxon; Deterioro Tipo Parche

		Estado del pavimentos (DETERIORO PARCHES)														
Espaciamiento	Tamaño muestra (m)	Bueno					Regular					Malo				
		2	3	5	6	7	1	4	8	14	15	9	10	11	12	13
E1	1	100.00%	0.30%	100.00%	100.00%	100.00%	72.40%	3.80%	66.60%	84.50%	0.30%	61.00%	22.40%	41.00%	45.60%	96.90%
	2	100.00%	0.30%	100.00%	100.00%	100%	66.60%	41.00%	25.50%	78.40%	22.40%	96.90%	25.50%	9.20%	5.50%	72.40%
	3	100.00%	0.30%	100.00%	100.00%	100.00%	36.70%	90.60%	22.40%	84.50%	22.40%	78.40%	36.70%	12.60%	4.50%	25.50%
E2	1	100.00%	1.40%	100.00%	100.00%	100.00%	18.30%	29.40%	18.30%	18.30%	1.40%	62.40%	72.60%	72.60%	29.40%	62.40%
	2	100.00%	18.30%	100.00%	100.00%	100%	72.60%	29.40%	18.30%	18.30%	18.30%	14.10%	44.10%	94.40%	18.30%	36.30%
	3	100.00%	18.30%	100.00%	100.00%	100.00%	94.40%	36.30%	18.30%	18.30%	18.30%	10.70%	44.10%	100.00%	23.40%	94.40%
E3	1	100.00%	3.60%	100.00%	100.00%	100.00%	40.20%	40.20%	40.20%	100.00%	3.60%	40.20%	3.60%	40.20%	52.90%	5.90%
	2	100.00%	3.60%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	29.50%	40.20%	83.40%	40.20%	100.00%	5.90%	5.90%	40.20%	40.20%
	3	100.00%	3.60%	100.00%	100.00%	100.00%	83.40%	29.50%	40.20%	100.00%	40.20%	100.00%	40.20%	100.00%	52.90%	52.90%
E4	1	100.00%	5.90%	100.00%	100.00%	100.00%	59.00%	5.90%	78.70%	59.00%	5.90%	59.00%	59.00%	10.60%	100.00%	5.90%
	2	100.00%	5.90%	100.00%	100.00%	100.00%	59.00%	5.90%	78.70%	59.00%	78.70%	78.70%	78.70%	5.90%	59.00%	100.00%
	3	100.00%	5.90%	100.00%	100.00%	100.00%	59.00%	10.60%	78.70%	78.70%	78.70%	78.70%	59.00%	10.60%	78.70%	10.60%
E5	1	100.00%	10.00%	100.00%	100.00%	100.00%	85.50%	10.00%	85.50%	58.40%	10.00%	36.10%	20.10%	85.50%	100.00%	85.50%
	2	100.00%	10.00%	100.00%	100.00%	100.00%	58.40%	10.00%	85.50%	100.00%	85.50%	36.10%	58.40%	20.10%	10.00%	20.10%
	3	100.00%	10.00%	100.00%	100.00%	100.00%	85.50%	20.10%	85.50%	85.50%	58.40%	85.50%	85.50%	10.00%	20.10%	100.00%
E6	1	100.00%	18.10%	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	42.30%	18.10%	42.30%	100.00%	100.00%
	2	100.00%	18.10%	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	100.00%	100.00%	42.30%	100.00%	78.90%	100.00%	100.00%	78.90%	42.30%
	3	100.00%	18.10%	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	42.30%	100.00%	42.30%	100.00%	100.00%	100.00%	78.90%	100.00%	78.90%

E.2 Prueba de wilcoxon; Deterioro Tipo Grieta Transversal

Espaciamiento	Tamaño muestra (m)	Estado del pavimentos (Grieta Transversal)														
		Bueno					Regular					Malo				
		2	3	5	6	7	1	4	8	14	15	9	10	11	12	
E1	1	100.00%	0.30%	100.00%	3.80%	100.00%	22.40%	41.00%	3.80%	41.00%	17.00%	72.40%	3.80%	22.40%	66.60%	8
	2	100.00%	0.30%	100.00%	3.80%	100.00%	84.50%	66.60%	66.60%	96.90%	17.00%	41.00%	22.40%	41.00%	84.50%	6
	3	100.00%	0.30%	100.00%	3.80%	100.00%	84.50%	72.40%	66.60%	25.50%	66.60%	66.60%	25.50%	84.50%	78.40%	7
E2	1	100.00%	1.40%	100.00%	18.30%	100.00%	72.60%	18.30%	72.60%	29.40%	18.30%	23.40%	1.40%	18.30%	44.10%	2
	2	100.00%	1.40%	100.00%	18.30%	100.00%	72.60%	36.30%	72.60%	52.90%	72.60%	14.10%	18.30%	72.60%	62.40%	2
	3	100.00%	1.40%	100.00%	72.60%	100.00%	36.30%	62.40%	72.60%	10.70%	29.40%	4.20%	18.30%	10.70%	72.60%	4
E3	1	100.00%	3.60%	100.00%	3.60%	100.00%	100.00%	40.20%	40.20%	3.00%	40.20%	83.40%	40.20%	3.60%	29.50%	4
	2	100.00%	3.60%	100.00%	3.60%	100.00%	100.00%	14.20%	40.20%	40.20%	40.20%	40.20%	100.00%	40.20%	14.20%	8
	3	100.00%	3.60%	100.00%	3.60%	100.00%	83.40%	14.20%	100.00%	83.40%	83.40%	83.40%	52.90%	83.40%	40.20%	4
E4	1	100.00%	5.90%	100.00%	5.90%	100.00%	78.70%	59.00%	78.70%	59.00%	78.70%	41.80%	5.90%	59.00%	100.00%	5
	2	100.00%	5.90%	100.00%	5.90%	100.00%	78.70%	10.60%	78.70%	59.00%	78.70%	28.10%	5.90%	59.00%	59.00%	7
	3	100.00%	5.90%	100.00%	5.90%	100.00%	78.70%	78.70%	78.70%	41.80%	100.00%	41.80%	5.90%	10.60%	78.70%	7
E5	1	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	85.50%	85.50%	58.40%	85.50%	85.50%	85.50%	85.50%	58.40%	10
	2	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	85.50%	85.50%	10.00%	20.10%	85.50%	85.50%	85.50%	100.00%	8
	3	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	100.00%	100.00%	85.50%	85.50%	10.00%	85.50%	85.50%	85.50%	85.50%	85.50%	8
E6	1	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	100.00%	42.30%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	100.00%	100.00%	1
	2	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	42.30%	100.00%	42.30%	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	42.30%	100.00%	4
	3	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	42.30%	100.00%	42.30%	78.90%	100.00%	100.00%	18.10%	78.90%	100.00%	1

E.3 Prueba de wilcoxon; Deterioro Tipo Grieta Longitudinal.

Espaciamiento	Tamaño muestra (m)	Estado del pavimentos (Grieta Longitudinal)														
		Bueno					Regular					Malo				
		2	3	5	6	7	1	4	8	14	15	9	10	11	12	13
E1	1	100.00%	3.80%	100.00%	100.00%	100.00%	0.30%	3.80%	66.60%	17.00%	36.70%	45.60%	36.70%	50.50%	29.00%	50.50%
	2	100.00%	3.80%	100.00%	100.00%	100.00%	4.50%	0.30%	72.40%	100.00%	41.00%	72.40%	96.90%	66.60%	61.00%	90.60%
	3	100.00%	3.80%	100.00%	100.00%	100.00%	4.50%	0.30%	100.00%	45.60%	96.90%	100.00%	61.00%	41.00%	45.60%	100.00%
E2	1	100.00%	1.40%	100.00%	100.00%	100.00%	18.30%	1.40%	94.4%	18.30%	0.234	94.40%	72.60%	29.4%	72.60%	36.30%
	2	100.00%	1.40%	100.00%	100.00%	100.00%	2.10%	2.10%	100.00%	2.10%	0.944	72.60%	83.40%	52.9%	83.40%	36.30%
	3	100.00%	1.40%	100.00%	100.00%	100.00%	29.40%	23.40%	83.40%	23.40%	72.60%	36.30%	83.40%	94.40%	83.40%	83.40%
E3	1	100.00%	3.60%	100.00%	100.00%	100.00%	3.60%	3.60%	52.90%	100.00%	40.20%	20.80%	29.50%	40.20%	100.00%	40.20%
	2	100.00%	3.60%	100.00%	100.00%	100.00%	5.90%	3.60%	67.50%	83.40%	40.20%	29.50%	100.00%	83.40%	14.20%	40.20%
	3	100.00%	3.60%	100.00%	100.00%	100.00%	5.90%	3.60%	100.00%	29.50%	52.90%	40.20%	83.40%	67.50%	100.00%	83.40%
E4	1	100.00%	5.90%	100.00%	100.00%	100.00%	5.90%	5.90%	78.70%	59.00%	78.70%	28.10%	78.70%	59.00%	100.00%	28.10%
	2	100.00%	5.90%	100.00%	100.00%	100.00%	5.90%	5.90%	100.00%	28.10%	78.70%	28.10%	17.80%	59.00%	59.00%	28.10%
	3	100.00%	59.00%	100.00%	100.00%	100.00%	5.90%	59.00%	100.00%	28.10%	100.00%	28.10%	59.00%	17.80%	100.00%	78.70%
E5	1	100.00%	10.00%	100.00%	100.00%	100.00%	85.50%	85.50%	85.50%	58.40%	85.50%	10.00%	10.00%	58.40%	100.00%	20.10%
	2	100.00%	10.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	20.10%	36.10%	58.40%	58.40%	20.10%	10.00%	100.00%	100.00%	85.50%
	3	100.00%	10.00%	100.00%	100.00%	100.00%	58.40%	20.10%	85.50%	100.00%	100.00%	36.10%	58.40%	85.50%	58.40%	58.40%
E6	1	100.00%	18.10%	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	18.10%	78.90%	42.30%	18.10%	18.10%	100.00%	18.10%	18.10%	100.00%
	2	100.00%	18.10%	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	18.10%	100.00%	78.90%	100.00%	78.90%	100.00%	18.10%	18.10%	78.90%
	3	100.00%	18.10%	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	78.90%	100.00%	18.10%	18.10%	42.30%

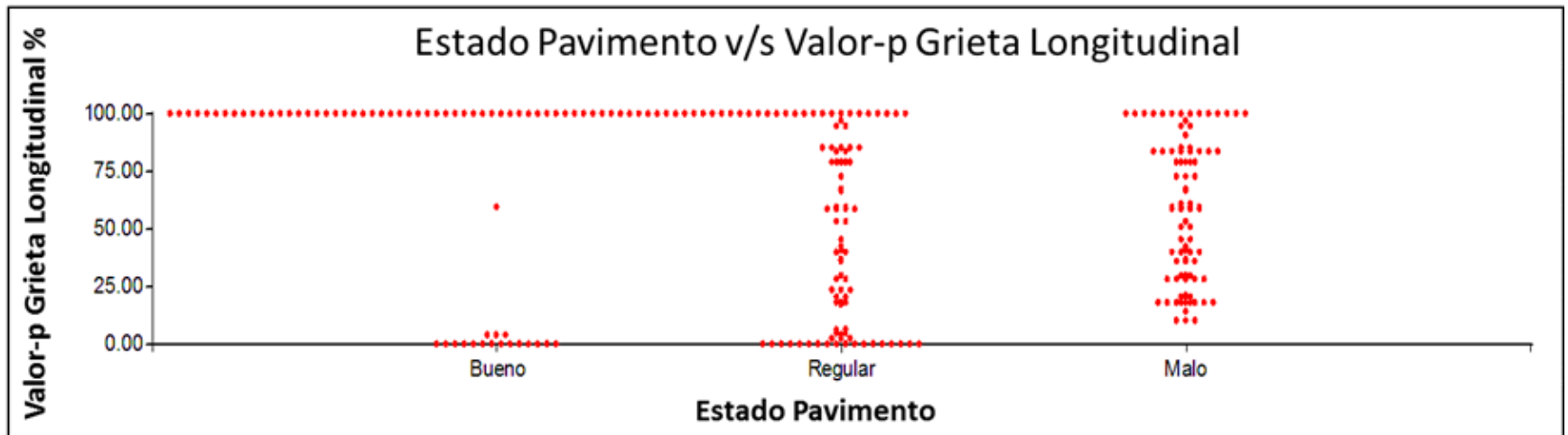
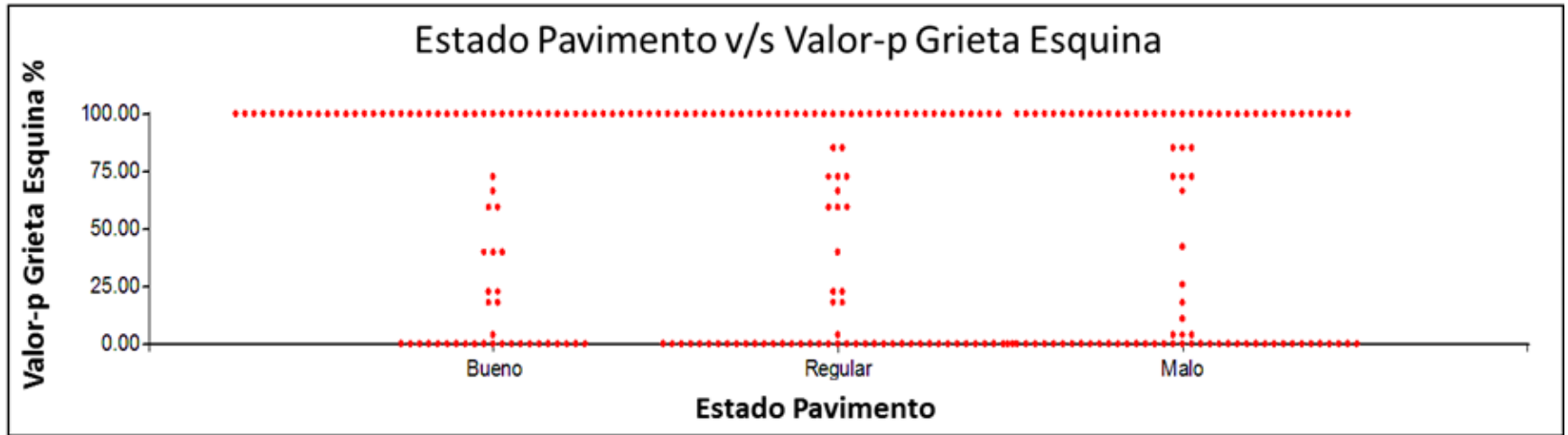
E.4 Prueba de wilcoxon; Deterioro Tipo Grieta Esquina.

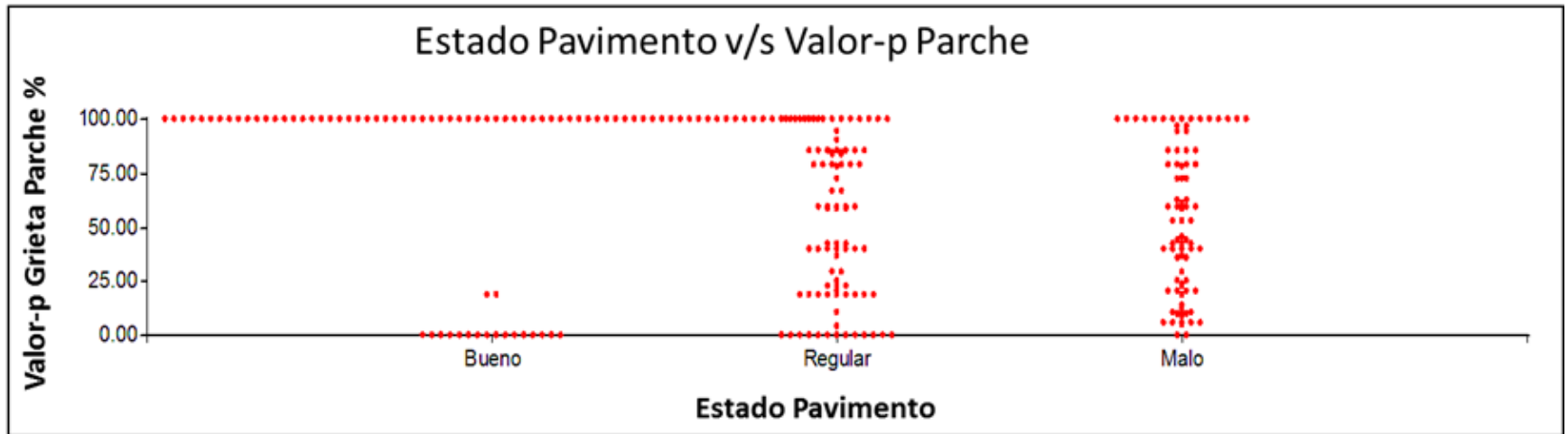
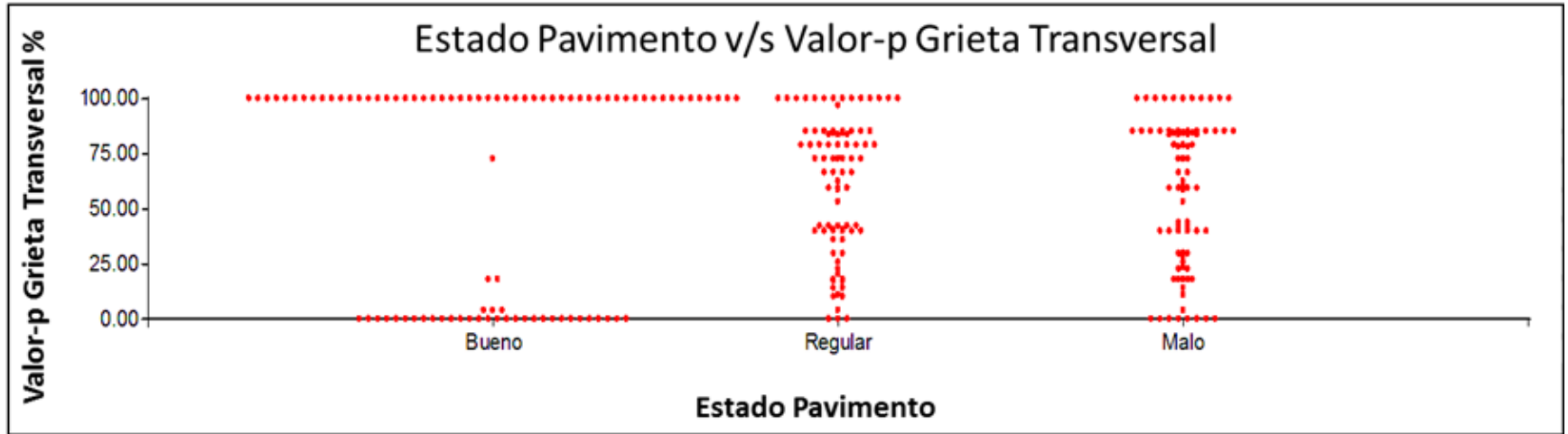
Espaciamiento	Tamaño muestra (m)	Estado del pavimentos (Grieta Esquina)														
		Bueno					Regular					Malo				
		2	3	5	6	7	1	4	8	14	15	9	10	11	12	13
E1	1	100.00%	3.80%	100.00%	0.30%	100.00%	22.40%	100.00%	0.30%	100.00%	0.30%	100.00%	0.30%	0.30%	0.30%	100.00%
	2	100.00%	22.40%	100.00%	0.30%	100.00%	22.40%	100.00%	0.30%	100.00%	0.30%	100.00%	0.30%	3.80%	66.60%	100.00%
	3	100.00%	66.60%	100.00%	22.40%	100.00%	66.60%	100.00%	0.30%	100.00%	3.80%	100.00%	3.80%	3.80%	25.50%	100.00%
E2	1	100.00%	18.30%	100.00%	1.40%	100.00%	18.30%	100.00%	1.40%	100.00%	1.40%	100.00%	1.40%	1.40%	72.60%	100.00%
	2	100.00%	18.30%	100.00%	1.40%	100.00%	72.60%	100.00%	18.30%	100.00%	1.40%	100.00%	1.40%	1.40%	72.60%	100.00%
	3	100.00%	72.60%	100.00%	1.40%	100.00%	72.60%	100.00%	72.60%	100.00%	1.40%	100.00%	1.40%	18.30%	72.60%	100.00%
E3	1	100.00%	3.60%	100.00%	40.20%	100.00%	3.60%	100.00%	3.60%	100.00%	3.60%	100.00%	3.60%	3.60%	3.60%	100.00%
	2	100.00%	3.60%	100.00%	40.20%	100.00%	3.60%	100.00%	3.60%	100.00%	3.60%	100.00%	3.60%	3.60%	3.60%	100.00%
	3	100.00%	3.60%	100.00%	40.20%	100.00%	40.20%	100.00%	3.60%	100.00%	3.60%	100.00%	3.60%	3.60%	3.60%	100.00%
E4	1	100.00%	5.90%	100.00%	5.90%	100.00%	59.00%	100.00%	5.90%	100.00%	5.90%	100.00%	5.90%	5.90%	5.90%	100.00%
	2	100.00%	5.90%	100.00%	59.00%	100.00%	59.00%	100.00%	5.90%	100.00%	5.90%	100.00%	5.90%	5.90%	5.90%	100.00%
	3	100.00%	5.90%	100.00%	59.00%	100.00%	59.00%	100.00%	5.90%	100.00%	5.90%	100.00%	5.90%	5.90%	10.60%	100.00%
E5	1	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	10.00%	85.50%	100.00%
	2	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	100.00%	85.50%	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	10.00%	85.50%	100.00%
	3	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	100.00%	85.50%	100.00%	10.00%	100.00%	10.00%	10.00%	85.50%	100.00%
E6	1	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	18.10%	18.10%	100.00%
	2	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	18.10%	100.00%	100.00%
	3	100.00%	100.00%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	100.00%	18.10%	18.10%	42.30%	100.00%

E.5 Mediciones de tiempo.

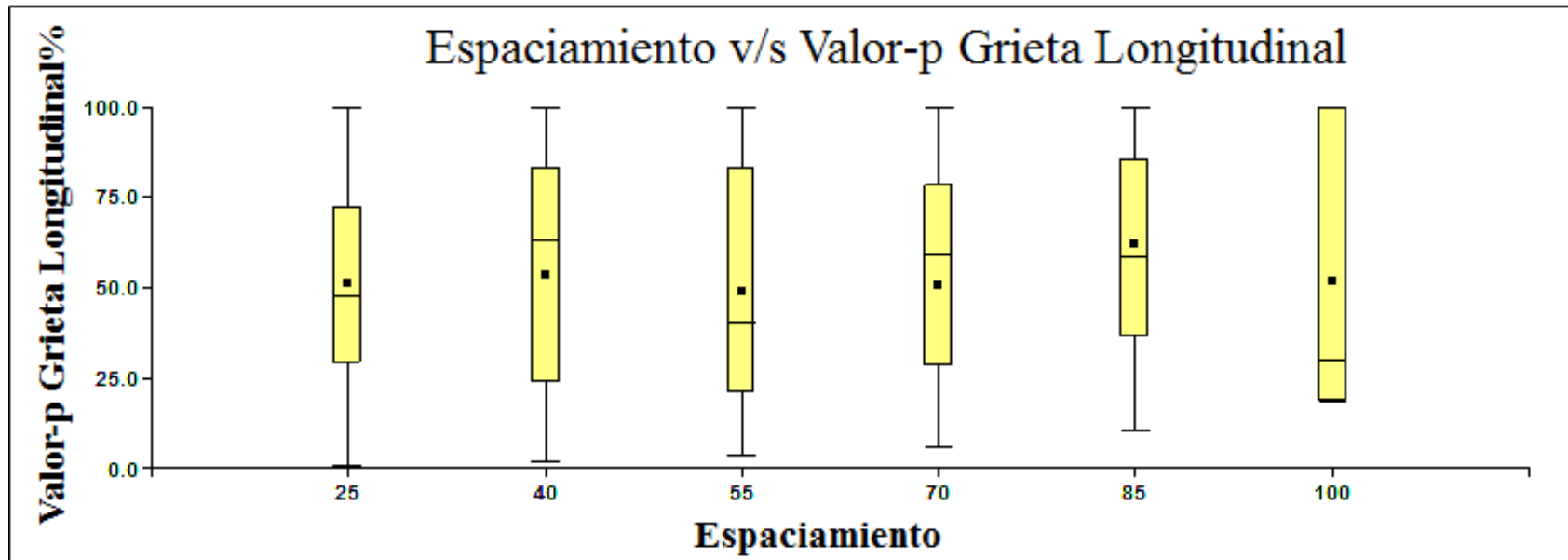
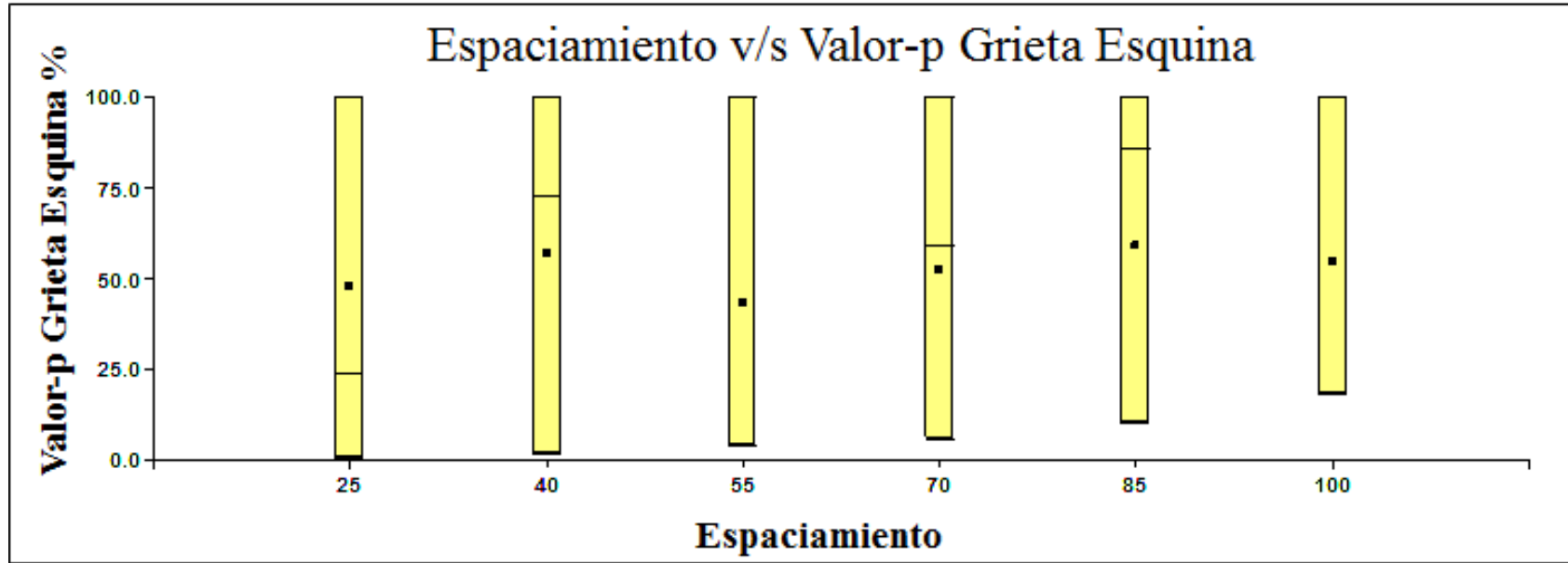
Espaciamiento	Tamaño muestra (m)	Medición		
		Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3
E1	1	23.67	22.12	23.55
	2	24.88	20.62	24.42
	3	22.68	25.60	25.13
E2	1	17.85	14.32	17.05
	2	17.50	16.33	17.35
	3	17.83	17.43	17.92
E3	1	18.33	11.67	17.03
	2	17.75	13.08	17.55
	3	17.67	15.83	17.42
E4	1	15.68	12.43	15.63
	2	15.33	13.25	15.55
	3	15.50	13.95	15.87
E5	1	15.33	12.25	15.25
	2	15.17	13.13	15.45
	3	15.37	13.75	15.37
E6	1	12.25	12.57	12.28
	2	12.50	12.50	12.40
	3	12.20	12.03	12.52

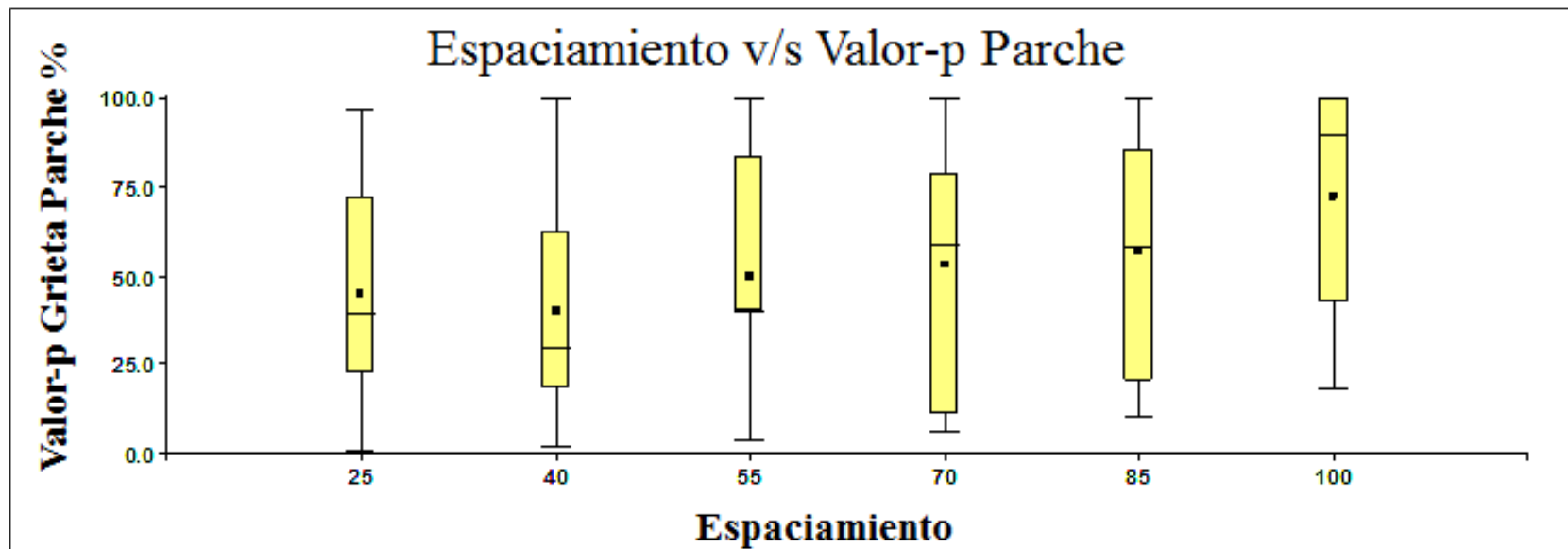
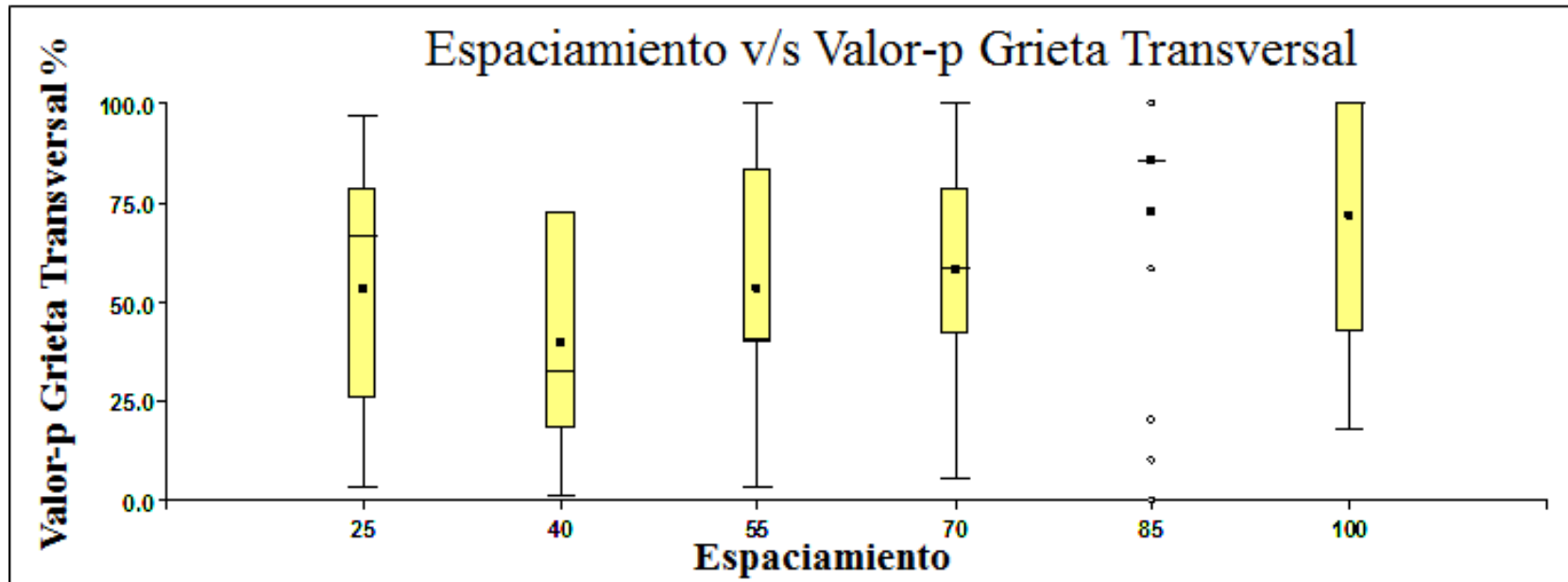
E.6 Gráficos de Densidad de Puntos.

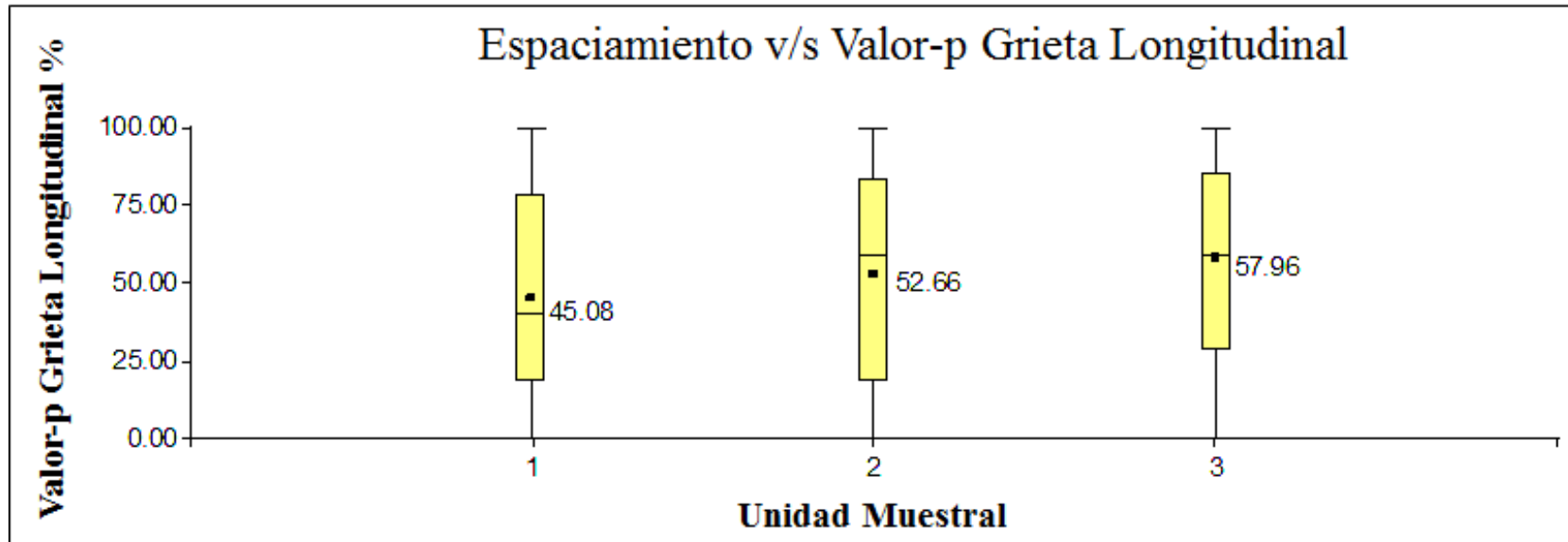
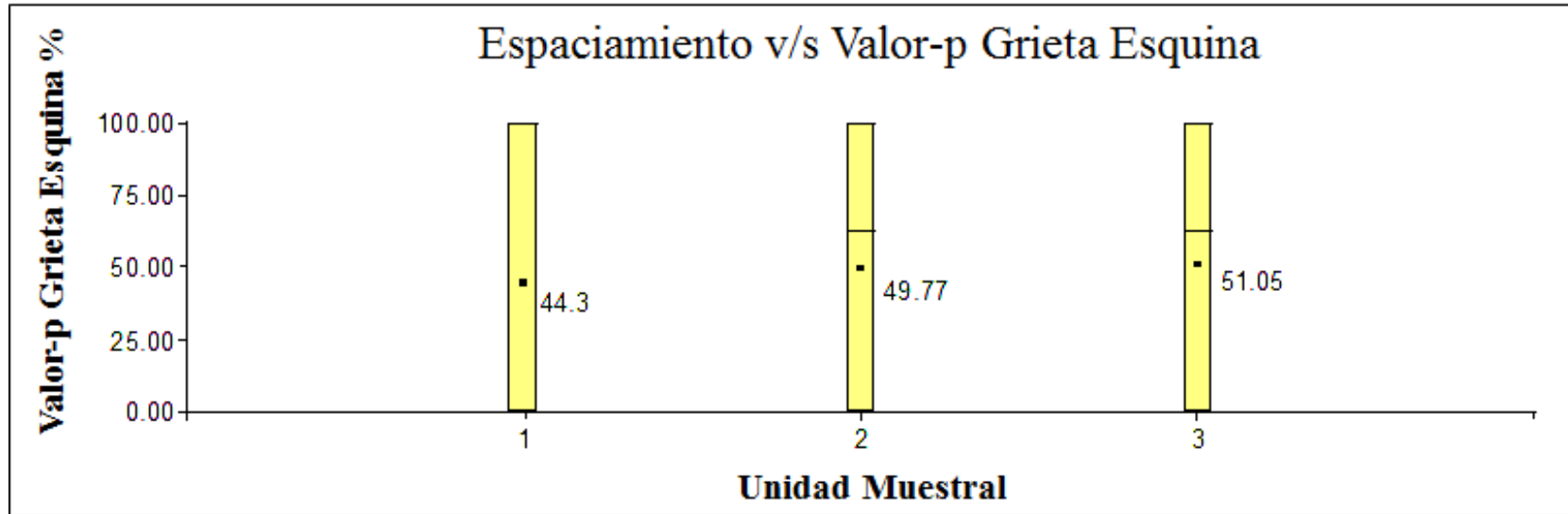


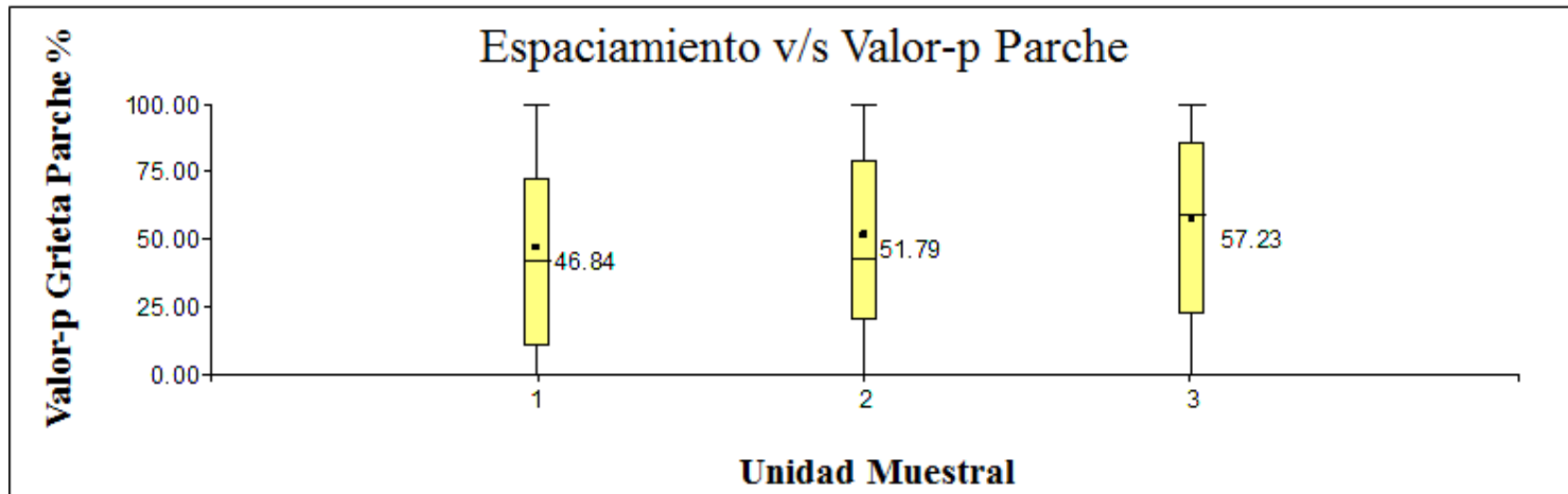
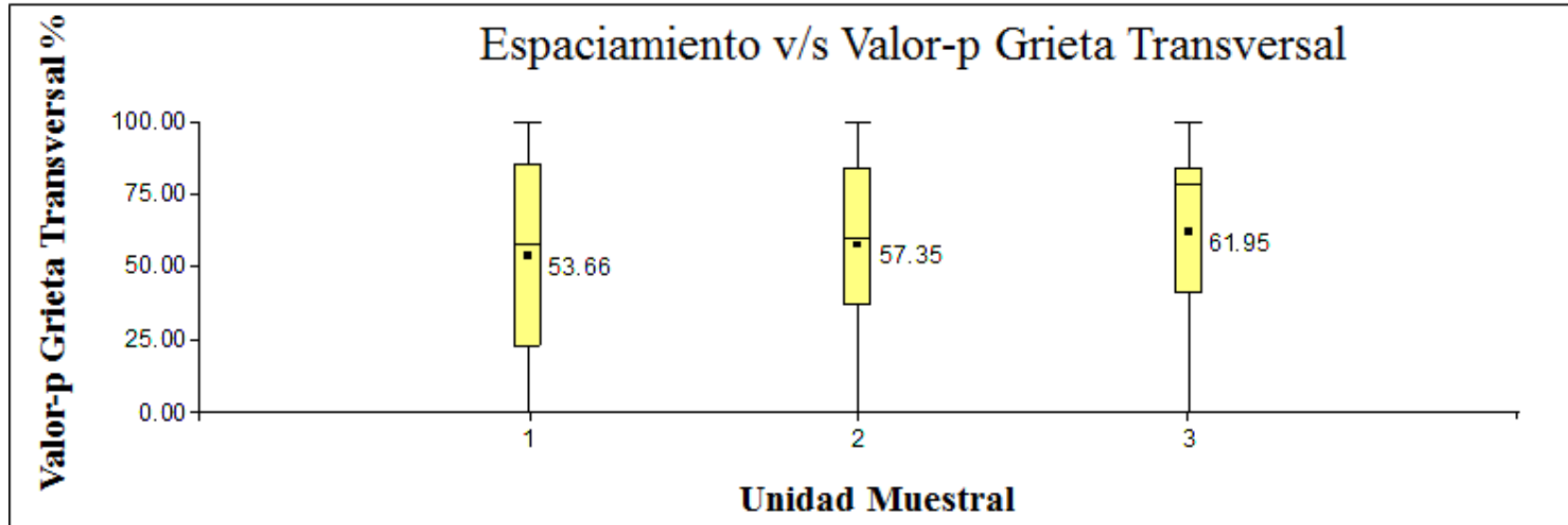


E.7 Gráficos de Caja.









F. ANÁLISIS DE INDEPENDENCIA ENTRE ESPACIAMIENTO Y UNIDAD MUESTRAL.

El análisis de independencia de las variables espaciamento y tamaño U.M., se realizó mediante tablas de contingencias y aplicando un test de chi cuadrado.

F.1 Tabla de Contingencia. Test chi-cuadrado para Independencia.

La tabla de contingencia registró un total $n= 560$ deterioros, para distintos espaciamentos y unidades muestrales consideradas en este trabajo. Para efecto del análisis se agruparon todos los deterioros y se contabilizaron según escenarios de análisis (espaciamentos y tamaño U.M.). Se construyó una tabla de contingencia para cada tramo de análisis (5 regular y 5 malos). Las cuentas o frecuencias de los deterioros se clasifican en la tablas 8 a modo de ejemplo se utilizara la medición Código N°1.

Tabla 1. Tabla de Contingencia.

UM/ESP.	E1	E2	E3	E4	E5	E6	TOTAL
1	42	25	15	12	12	8	114
2	60	39	29	24	18	14	184
3	87	55	38	36	28	18	262
TOTAL	189	119	82	72	58	40	560

En las columnas de la tabla 8 se agrupan todos los deterioros obtenidos en los 3 tamaños muestrales por cada espaciamento y en las filas se agrupan los deterioritos de los espaciamentos por cada tamaño muestral.

Sea p_{E1} igual a la probabilidad incondicional de que el deterioro sea del espaciamento E1. Similarmente se definen p_{E2} , p_{E3} , p_{E4} , p_{E5} , p_{E6} , como las probabilidades de observar los deterioros en otros espaciamentos: Estas probabilidades se llaman probabilidades columnas en la tabla dada, y cumplen con el siguiente requisito:

$$p_{E1} + p_{E2} + p_{E3} + p_{E4} + p_{E5} + p_{E6} = 1 \quad \text{Ec1}$$

De la misma manera sea p_i ($i=1, 2$ o 3) igual a la probabilidad reglón de que un deterioro provenga de la unidad muestral i , como se señala en la Ecuación 2:

$$p_1 + p_2 + p_3 = 1 \quad \text{Ec2}$$

Entonces, si las dos clasificaciones son independientes una de otra, una probabilidad de celda será igual al producto de sus respectivas probabilidades reglón y columna, según la ley multiplicativa de probabilidad. El cuadro de contingencia de la tabla dada contiene 3 filas y 6 columnas, por lo que se denomina como tabla de contingencia de 3 x 6.

Para el desarrollo de esta evaluación se denominaron 6 totales en las columnas de la izquierda a la derecha con $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6$ y tres totales de los reglones, de arriba hacia abajo con r_1, r_2, r_3 . Así $r_1 = 114$ y $c_1 = 189$, además la suma de los totales de las columnas es 560 al igual que la suma de los totales de los reglones es igual a 560. Se utilizó los totales de estos reglones y columnas para estimar las probabilidades de celdas sin especificar, y por consiguiente, las frecuencias esperadas de las celdas. En efecto, se ha demostrado que la estimación apropiada para la frecuencia esperada de la celda en el i -ésimo reglón y la j -ésima columna de una tabla de contingencia se obtiene según Ecuación 3:

$$E[n_{ij}] = \frac{r_i * c_j}{n} \quad \text{Ec3}$$

El estadístico Chi-cuadrado se calcula:

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (n_{ij} - E[n_{ij}])^2}{E[n_{ij}]} \quad \text{Ec4}$$

La prueba de hipótesis quedo como:

$H_0: p_{ij} = p_i * p_j$; si $\chi^2 \leq \chi^2_{(1-\alpha)}$ considerando grados $(r-1)*(c-1)$ de libertad ;

$r=3$; $c=6$; $\alpha=0,05$

$H_1: p_{ij} \neq p_i * p_j$; si $\chi^2 > \chi^2_{(1-\alpha)}$ considerando grados $(r-1)*(c-1)$ de libertad ;

$r=3$; $c=6$; $\alpha=0,05$

$$\chi^2_{(1-\alpha; (r-1)*(c-1))} = \chi^2_{(0,95; 10)} = 18,30 \quad \text{Ec5}$$

Como $\chi^2 < \chi^2_{(1-\alpha)}$ se acepta la H_0 , por lo que se concluye que las dos variables son independientes.

Este procedimiento se realizó en los 10 tramos analizados obteniendo el resultado que se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Test Chi-cuadrado Para Independencia; Espaciamento v/s Tamaño Muestral.

Tramo	Estado	Valor X2	Valor teórico (18,3)	
1	Regular	2.6256785	$X^2 < X^2_{(1-\alpha)}$	Se acepta la H0, por lo que se concluye que las dos variables son independientes.
4	Regular	5.36434782	$X^2 < X^2_{(1-\alpha)}$	Se acepta la H0, por lo que se concluye que las dos variables son independientes.
8	Regular	1.66460754	$X^2 < X^2_{(1-\alpha)}$	Se acepta la H0, por lo que se concluye que las dos variables son independientes.
14	Regular	2.65687386	$X^2 < X^2_{(1-\alpha)}$	Se acepta la H0, por lo que se concluye que las dos variables son independientes.
15	Regular	2.57910854	$X^2 < X^2_{(1-\alpha)}$	Se acepta la H0, por lo que se concluye que las dos variables son independientes.
9	Malo	0.43941026	$X^2 < X^2_{(1-\alpha)}$	Se acepta la H0, por lo que se concluye que las dos variables son independientes.
10	Malo	2.20822	$X^2 < X^2_{(1-\alpha)}$	Se acepta la H0, por lo que se concluye que las dos variables son independientes.
11	Malo	0.64453	$X^2 < X^2_{(1-\alpha)}$	Se acepta la H0, por lo que se concluye que las dos variables son independientes.
12	Malo	1.60302718	$X^2 < X^2_{(1-\alpha)}$	Se acepta la H0, por lo que se concluye que las dos variables son independientes.
13	Malo	1.05623643	$X^2 < X^2_{(1-\alpha)}$	Se acepta la H0, por lo que se concluye que las dos variables son independientes.

A través de esta tabla resumen se puede concluir que para cada tramo inspeccionado hay independencia entre el espaciamento y tamaño muestral, debido a que se acepta H0.