

CAPÍTULO 3

FASE DE MEDICIÓN Y ESTADO ACTUAL DEL PROCESO

Según Management Developing Center (MDC) [7] es muy importante conocer el estado actual del proceso, analógicamente significa tener una “fotografía” de las condiciones actuales. Es fundamental distinguir el tipo de datos que se ocupan en la fase de medición, ya que estos pueden ser continuos o discretos; donde los datos discretos se conocen también como de atributos. La naturaleza de los datos que se presentan en el proceso pertenecen al tipo de datos continuos pues pueden tomarse las lecturas de estos con instrumentos de medición.

3.1 Fase de medición

Es necesario tomar una muestra de la población para poder inferir sobre el comportamiento de la misma. Se medirá la longitud de los cordones y el peso de los mismos, pues la longitud es objetivo principal del proceso (Y_p) para el ahorro de hilo de soldadura y esto se verificará con el peso de los cordones que equivalen al consumo total de hilo por pieza.

Antes de empezar a medir es indispensable validar el sistema de medición y así evitar que la medición se vuelva un factor determinante al momento de realizar el análisis. Para que se apruebe el sistema de medición es necesario cumplir con una Repetibilidad (es la variación observada con un aparato de medición cuando es usado varias veces por un solo operador mientras está midiendo características idénticas de las mismas partes) y Reproducibilidad (es la variación obtenida de diferentes operadores utilizando el mismo aparato al medir características idénticas en las mismas partes) dentro del rango de aceptable, teniendo como valor del límite inferior a cero y 10 como límite superior. En caso de que el valor obtenido

se encuentre en el rango de 10 a 20 se considerarán como condicionados los resultados y en caso de obtener un valor mayor a 20 se rechazará el sistema de medición.

Se realiza un estudio Gage R&R (Repetibilidad y Reproducibilidad) para saber si los inspectores (personas que realizan la medición de las piezas y determinan si cumplen con las especificaciones del cliente, en el área que se solicite; por ejemplo los inspectores de Sistemas Universales S.A. DE C.V (SIU) liberan la primera de cada turno sólo si cumple con la geometría necesaria, ocupando la herramienta pasa - no pasa.) son consistentes en sus lecturas (Repetibilidad) y si concuerdan sus mediciones con otros inspectores (Reproducibilidad). Por tanto es necesario buscar los instrumentos adecuados para realizar la medición, ya que dichos instrumentos de medición deben de tener una resolución (la diferencia más pequeña entre las indicaciones de un dispositivo indicador que puede ser distinguido significativamente. Para efectos prácticos debe ser capaz de detectar la variación del proceso en cuestión) menor o igual al 10% de la especificación o variación del proceso. Como se mencionó en la etapa de definición se estableció como objetivo principal la longitud de cada cordón y se pueden clasificar como objetivos de proceso ($Y_{p1...33}$) las longitudes de los 33 cordones y como objetivos de cliente ($Y_{c1...2}$) la cantidad de hilo de soldadura ocupado por pieza y el tiempo ciclo.

La longitud de cordones tiene la especificación en milímetros por lo que se eligió un calibrador pie de rey digital (ver figura B.2) para tomar las lecturas de dichos cordones; para la cantidad de hilo de soldadura (peso) por pieza no existe especificación por parte del cliente, pero dada las condiciones de la pieza la mejor opción es obtener lecturas en kilogramos (convertirlas en Newtons) y ocupar una báscula con una resolución en gramos (ver figura B.1). Por último el tiempo ciclo (el tiempo ciclo se refiere al tiempo que tarda el robot en aplicar los 33 cordones de soldadura a la pieza) se puede obtener en segundos y el

uso de un cronómetro (ver figura B.3) es lo más adecuado, en este caso el tiempo ciclo se puede catalogar como una prueba destructiva ya que no se puede repetir la lectura con la misma pieza, pero si se asume que las piezas producidas están sometidas a las mismas condiciones se pueden tomar lecturas de varias piezas y así realizar su estudio Gage R&R.

3.1.1 Procedimiento para realizar estudio Gage R&R en Minitab ® 14. Estudio Gage R&R para longitud de cordones con calibrador pie de rey digital

Los pasos a seguir en el estudio Gage R&R largo son los siguientes:

1. Se necesitan 2 ó 3 inspectores.
2. Cada uno mide de 5 a 10 piezas, 2 veces cada una.
3. Utilizar el software Minitab ® 14 para cuantificar las lecturas obtenidas.

Se necesita validar los tres instrumentos de medición mencionados anteriormente (calibrador pie de rey digital, báscula y cronómetro). Para estos tres instrumentos se ocuparon las mismas condiciones, se eligió a 2 inspectores y cada uno midió 10 piezas 2 veces cada uno. Así se obtuvieron las tablas 3.1 y 3.2 de datos para las longitudes de cordones medidas con un calibrador pie de rey digital:

Tabla 3.1 Lecturas realizadas a 10 cordones de diferentes piezas, midiendo 2 veces la longitud de cada uno por el inspector 1, utilizando un calibrador pie de rey digital .

VERNIER (LONGITUD DE CORDONES)					
INSPECTOR	No. PIEZA	LECTURA (mm)	INSPECTOR	No. PIEZA	LECTURA (mm)
1	1	13.94	1	1	13.95
1	2	13.95	1	2	13.95
1	3	14.00	1	3	14.00
1	4	13.98	1	4	13.98
1	5	14.02	1	5	14.02
1	6	13.99	1	6	13.99
1	7	13.96	1	7	13.96
1	8	14.00	1	8	14.00
1	9	13.97	1	9	13.97
1	10	14.04	1	10	14.04

Tabla 3.2 Lecturas realizadas a 10 cordones de diferentes piezas (los mismos que midió el inspector 1), midiendo 2 veces la longitud de cada uno por el inspector 2, utilizando un calibrador pie de rey digital.

VERNIER (LONGITUD DE CORDONES)					
INSPECTOR	No. PIEZA	LECTURA (mm)	INSPECTOR	No. PIEZA	LECTURA (mm)
2	1	13.95	2	1	13.95
2	2	13.95	2	2	13.95
2	3	14.00	2	3	14.00
2	4	13.98	2	4	13.98
2	5	14.02	2	5	14.02
2	6	13.99	2	6	13.99
2	7	13.95	2	7	13.95
2	8	14.00	2	8	14.00
2	9	13.97	2	9	13.97
2	10	14.04	2	10	14.04

De las tablas 3.1 y 3.2 ya se puede graficar la variabilidad que existe entre inspectores y la consistencia de cada uno de ellos, para efecto práctico se efectúa la gráfica con la herramienta Minitab ® 14 y se siguen los siguientes pasos en dicho programa:

1. Se introducen los datos en la hoja de trabajo del software y el arreglo de los datos se debe de hacer en 3 columnas, colocando en C1 el No. De pieza, en C2 el inspector que realizó la lectura y por último en C3 la lectura que se obtuvo, tal como se muestra en la figura 3.1. Lo importante de este paso es que en el arreglo coincida la lectura con la pieza (cordón) y con la persona que la realizó (inspector).

	C1	C2	C3
	No. de pieza	Inspector	Lectura
1	1	1	13.94
2	1	1	13.95
3	1	2	13.95
4	1	2	13.95

Figura 3.1.- Arreglo por columnas de los datos a utilizar en el Gage R&R de la longitud de cordones (ocupando un calibrador pie de rey digital).

- Una vez terminado el arreglo de los datos, se sigue la siguiente ruta en el menú del programa: *Stat > Quality Tools > Gage Study > Gage Run Chart* (Ver figura 3.2).

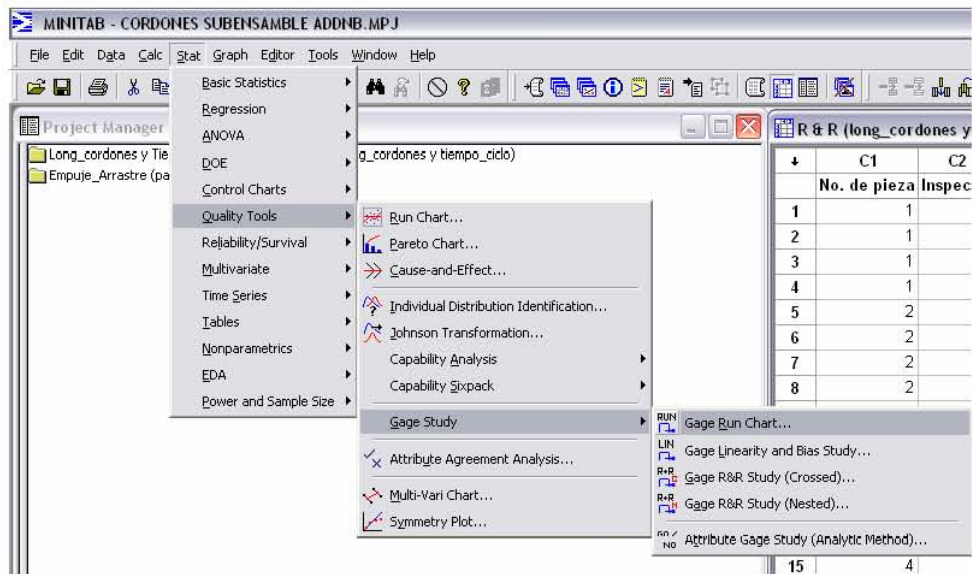


Figura 3.2 Ruta de acceso al cuadro de diálogo del Gage Run Chart

- Al abrirse el cuadro de Diálogo del Gage Run Chart, deben de completarse los siguientes campos así: en Parts Numbers se pone C1 (No. De pieza), C2 (Inspector) se coloca en Operators y en Measurement data se pone C3 (lectura). Los demás campos son opcionales y el cuadro queda como en la figura 3.3:



Figura 3.3 Forma de completar el cuadro de diálogo del Gage Run Chart.

- Finalmente se da clic en OK y automáticamente Minitab ® 14 da la gráfica como se muestra en la figura 3.4.

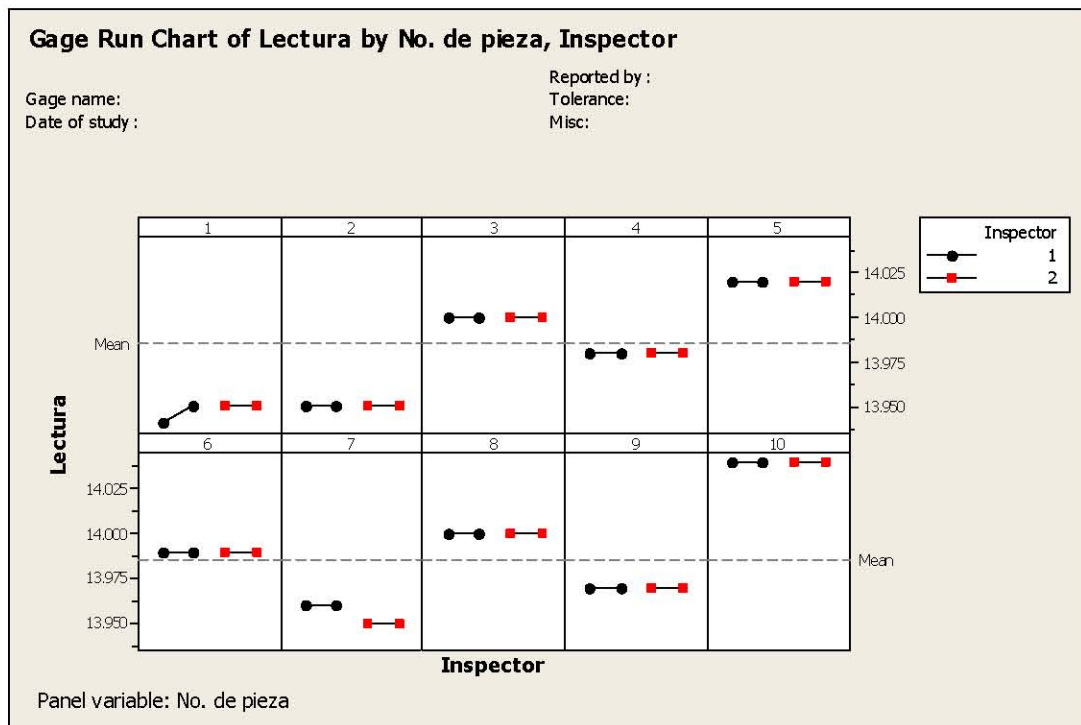


Figura 3.4.- Gráfica Gage Run Chart de la lectura (mm.) de la longitud de cordones comparando la repetibilidad y la reproducibilidad de los inspectores.

Al analizar la gráfica se puede observar que existe Reproducibilidad en 8 de las 10 piezas y que sólo en la pieza 1 no hay Repetibilidad por parte del inspector 1. Aún no se puede validar el sistema de medición con esta gráfica, aunque da un panorama bastante representativo de la variación que existe entre los inspectores y las lecturas registradas.

Después de ver la gráfica de la figura 3.4 es necesario aterrizar la información con un estudio Gage R&R, el cual es proporcionado por Minitab ® 14 de la siguiente manera:

1. Se sigue la siguiente ruta de acceso: *Stat > Quality Tools > Gage Study > Gage R&R Study (Crossed)*, tal como se indica en la figura 3.5. Es importante aclarar que en el submenú Gage Study se dan 2 opciones de Gage R&R Study, *Crossed* y *Nested*, donde la diferencia entre ellos radica que uno es para mediciones a pruebas destructiva –son aquellas pruebas donde no se puede cuantificar las mediciones

varias veces debido a que sólo existe una oportunidad de tomar la lectura con un instrumento de medición específico, pues la muestra pierde sus propiedades (Nested) y en el otro es a datos continuos con pruebas no destructivas (Crossed). Se escoge Gage R&R Study (Crossed) porque las muestras se pueden medir las veces que sea necesario.

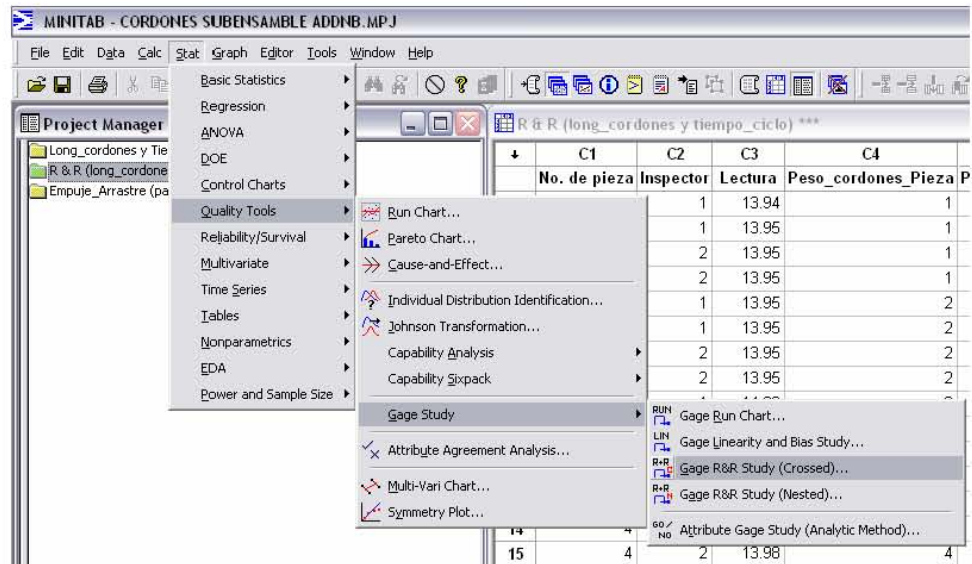


Figura 3.5.- Ruta de acceso al cuadro de diálogo del Gage R&R Study (Crossed).

- Una vez abierto el cuadro de diálogo del Gage R&R Study (Crossed) es necesario completar de esta forma los siguientes campos: en Parts Numbers se pone C1 (No. De pieza), C2 (Inspector) se coloca en Operators y en Measurement data se pone C3 (lectura). En la opción de Method Analysis se escoge ANOVA, como se muestra en la figura 3.6. De acuerdo a Management Developing Center (MDC) [7] es muy importante aclarar que los Métodos de Análisis que se pueden ocupar presentan diferencias y similitudes; se tiene que el Método Xbar and R está basado en los promedios globales de piezas y las diferencias de rango de inspector y en cambio el Método ANOVA hace estimación de los componentes de la varianza de las

mediciones; ambos métodos dan la variación que existe en la Repetibilidad y en la Reproducibilidad aunque el Método ANOVA es superior que el Xbar and R porque proporciona una mejor estimación y es por esto que se ocupa de preferencia el método ANOVA.

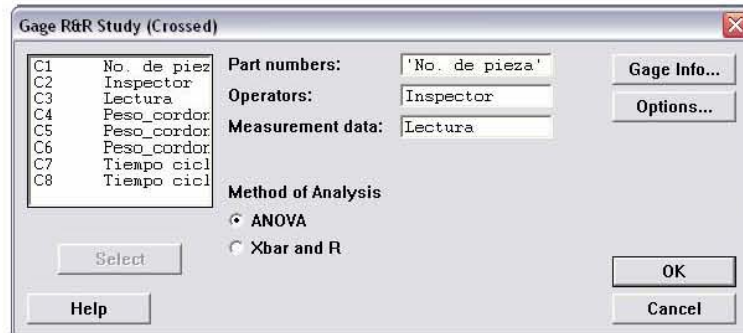


Figura 3.6 Forma de completar el cuadro de diálogo del Gage R&R Study (Crossed).

- Finalmente se da clic en OK y automáticamente Minitab ® 14 da los resultados del estudio Gage R&R como se muestra en la figura 3.7.

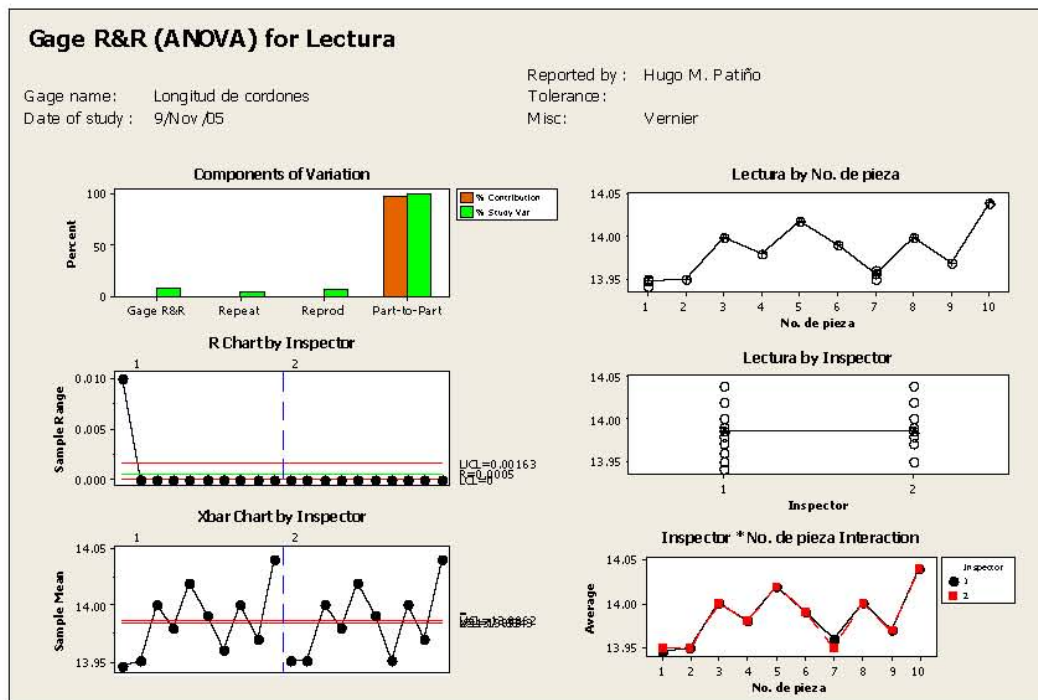


Figura 3.7.- Resultados gráficos del estudio Gage R&R para validar la medición en la longitud de cordones ocupando un calibrador pie de rey digital.

Al analizar los resultados se ve que la Repetibilidad y la Reproducibilidad contribuyen poco en la variación de la medición, la mayor diferencia radica en el Parte a Parte es decir en la diferencia de longitud del cordón entre las 10 piezas. La pequeña contribución del R&R se debe a que en la pieza 1 el inspector 1 no fue consistente y en la pieza 8 donde hubo desacuerdo entre los inspectores.

Según las Armadoras Ford, General Motors y Chrysler [8] el resultado del estudio Gage R&R (% Study Var) debe de ser <10% para considerarse como *Bueno* y para el caso de las longitudes de los cordones, se verifica este valor en la ventana de Session de Minitab ® 14 y se encuentra que el resultado es del 9.21% como se muestra en la figura 3.8 y por tanto queda validado como bueno el sistema de medición para la longitud de cordones con calibrador pie de rey digital.

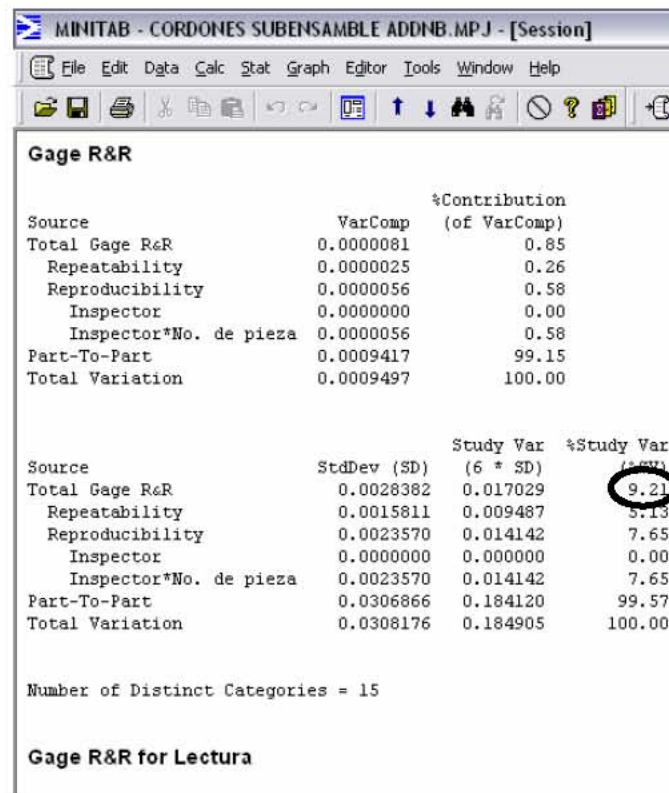


Figura 3.8.- Resultados numéricos del estudio Gage R&R para validar la medición en la longitud de cordones ocupando un calibrador pie de rey digital.

3.1.2 Estudio Gage R&R para el peso de cordones con báscula.

Para realizar el estudio Gage R&R del peso de los cordones con la báscula, se tuvo que obtener primero el peso de los elementos que conforman el sub-ensamble inferior del TRA-SU-V6 y posterior se cuantificó el peso del sub-ensamble ya soldado y el peso de los cordones se obtuvo de la diferencia entre la 2ª lectura y la 1ª. El peso de los elementos del sub-ensamble tiene una media igual a 25.87 N, la variación (0.0745 N) se encuentra en la cantidad de hilo de soldadura que se aporta al sub-ensamble después de ser soldado por el robot 9. Por último se siguen los mismos pasos que se describen previamente en Minitab ® 14 sólo que ahora se utilizan las siguientes tablas de datos:

Tabla 3.3 Lecturas realizadas a 10 piezas, midiendo 2 veces el peso de cada una por el inspector 1, utilizando una báscula digital.

BÁSCULA (PESO DE CORDONES)					
INSPECTOR	No. PIEZA	LECTURA (N)	INSPECTOR	No. PIEZA	LECTURA (N)
1	1	26.359	1	1	26.359
1	2	26.242	1	2	26.242
1	3	26.369	1	3	26.369
1	4	26.409	1	4	26.409
1	5	26.399	1	5	26.409
1	6	26.359	1	6	26.369
1	7	26.330	1	7	26.330
1	8	26.399	1	8	26.399
1	9	26.379	1	9	26.379
1	10	26.291	1	10	26.291

Tabla 3.4 Lecturas realizadas a 10 piezas (las mismas que midió el inspector 1), midiendo 2 veces el peso de cada 1 por el inspector 2, utilizando una báscula digital.

BÁSCULA (PESO DE CORDONES)					
INSPECTOR	No. PIEZA	LECTURA (N)	INSPECTOR	No. PIEZA	LECTURA (N)
2	1	26.359	2	1	26.359
2	2	26.232	2	2	26.242
2	3	26.369	2	3	26.369
2	4	26.409	2	4	26.409
2	5	26.409	2	5	26.399
2	6	26.359	2	6	26.359
2	7	26.340	2	7	26.340
2	8	26.399	2	8	26.399
2	9	26.389	2	9	26.389
2	10	26.291	2	10	26.291

Se obtiene primero una gráfica como la de la figura 3.9 que compara a los inspectores entre ellos para tener una idea de como se comporta la variación al momento de medir el peso de los cordones y después se confirma el resultado con el estudio Gage R&R gráfico y numérico.

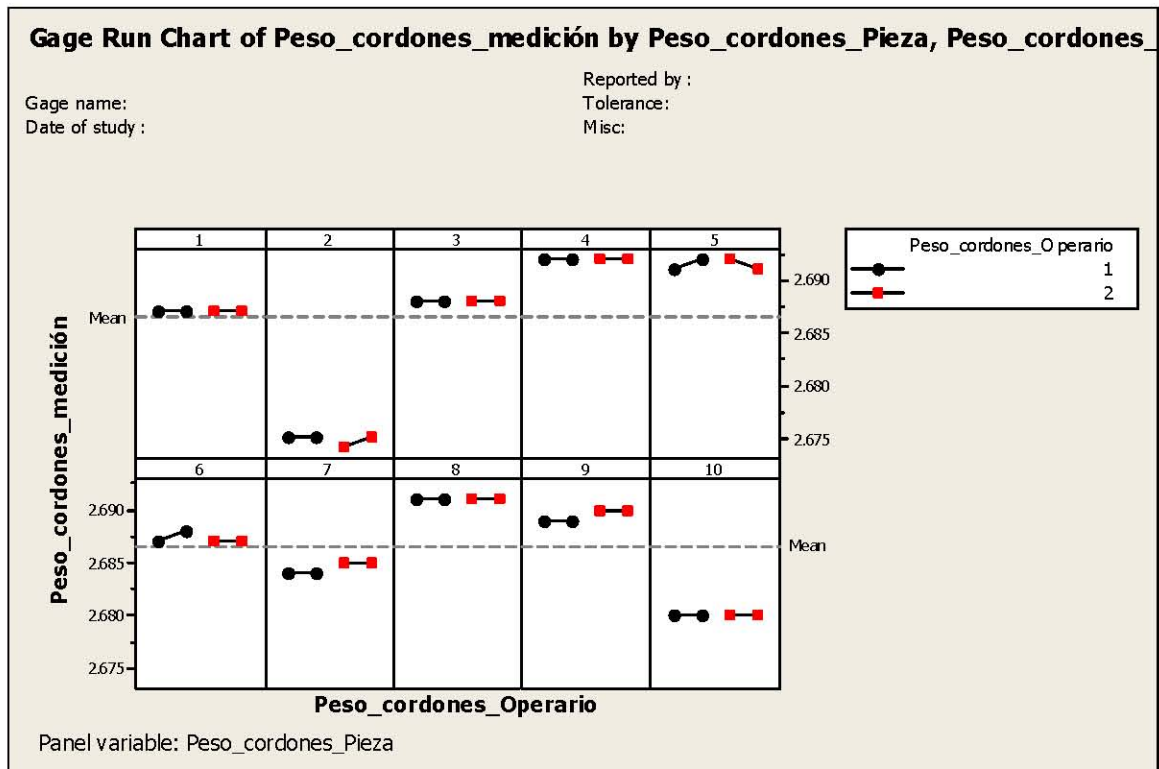


Figura 3.9 Gage Run Chart comparando la Repetibilidad y Reproducibilidad de los inspectores para el peso de los cordones.

Según se observa en la figura 3.9 aparentemente no existe Repetibilidad en la pieza 2, 5 y 6, además no hay Reproducibilidad en 2 piezas por lo que se piensa que si existe un poco de variación en la medición aunque sólo se podrá validar el sistema de medición del peso de cordones con el estudio Gage R&R que se presenta de forma gráfica en la figura 3.10.

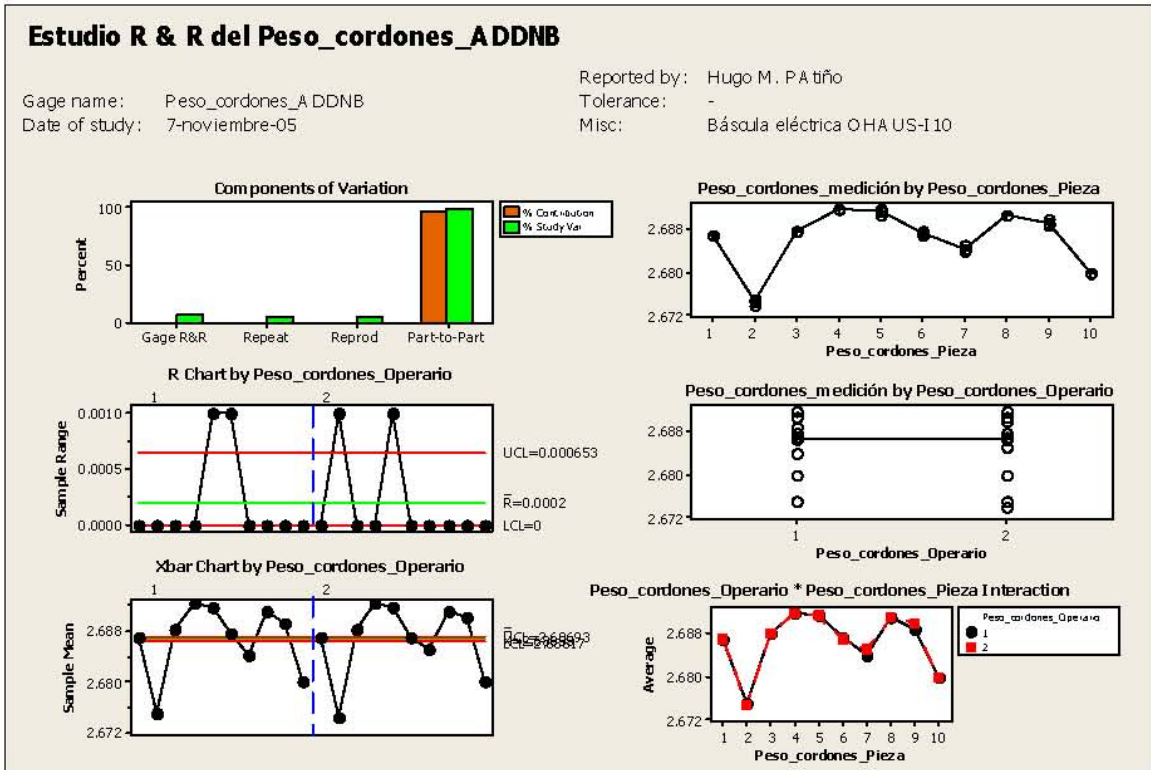


Figura 3.10 Estudio Gage R&R gráfico del peso de los 33 cordones por pieza.

Aparentemente la variación que aporta la Reproducibilidad y Repetibilidad en el caso del peso de los cordones es pequeña y obteniendo el resultado numérico que se presenta en la figura 3.11 se ve que el porcentaje de variación es menor a 10%.

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0.0000002	0.60
Repeatability	0.0000001	0.33
Reproducibility	0.0000001	0.27
Peso_cordone	0.0000000	0.00
Peso_cordone*Peso_cordone	0.0000001	0.27
Part-To-Part	0.0000301	99.40
Total Variation	0.0000303	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0.0004282	0.0025690	7.78
Repeatability	0.0003162	0.0018974	6.24
Reproducibility	0.0002887	0.0017321	5.24
Peso_cordone	0.0000000	0.0000000	0.00
Peso_cordone*Peso_cordone	0.0002887	0.0017321	5.24
Part-To-Part	0.0054899	0.0329393	99.70
Total Variation	0.0055066	0.0330394	100.00

Figura 3.11 Resultado numérico del porcentaje de variación en el sistema de medición del peso de cordones con báscula.

Como se muestra en el figura 3.11 el valor numérico del porcentaje de variación en el sistema de medición del peso de cordones utilizando una báscula es del 7.78% lo cual es un valor menor al 10% que significa que esta validado este sistema de medición. Se recuerda que es importante la medición del peso de los cordones pues será el indicador que refleje cuando se ahorro en micro-alambre (ver figura C.1) y de acuerdo a esto sacar el valor de ahorro en dólares para el ahorro duro.

3.1.3 Estudio Gage R&R para el tiempo ciclo con cronómetro.

Para validar el sistema de medición con cronómetro se ocupa la opción Gage R&R (Nested) de Minitab ® 14 con la siguiente tabla de datos:

Tabla 3.5 Lecturas realizadas al tiempo ciclo de 10 piezas utilizando un cronómetro.

CRONÓMETRO (TIEMPO CICLO)			
Inspector	No. PIEZA	LECTURA (Segundos)	LECTURA (Segundos)
1	1	144.81	144.84
1	2	145.01	145.05
1	3	145.24	145.22
1	4	145.50	145.53
1	5	145.06	145.05
1	6	145.24	145.23
1	7	144.78	144.76
1	8	145.09	145.08
1	9	147.69	147.67
1	10	145.28	145.31

Como se muestra en la tabla 3.2 la medición del tiempo ciclo sólo la realiza el inspector 1 y una sola vez debido a que el tiempo ciclo se considera una prueba destructiva. Se hace el estudio Gage R&R (Nested) y se obtiene en la figura 3.12 la gráfica que muestra que no hay Repetibilidad ni Reproducibilidad por el tipo de prueba que es:

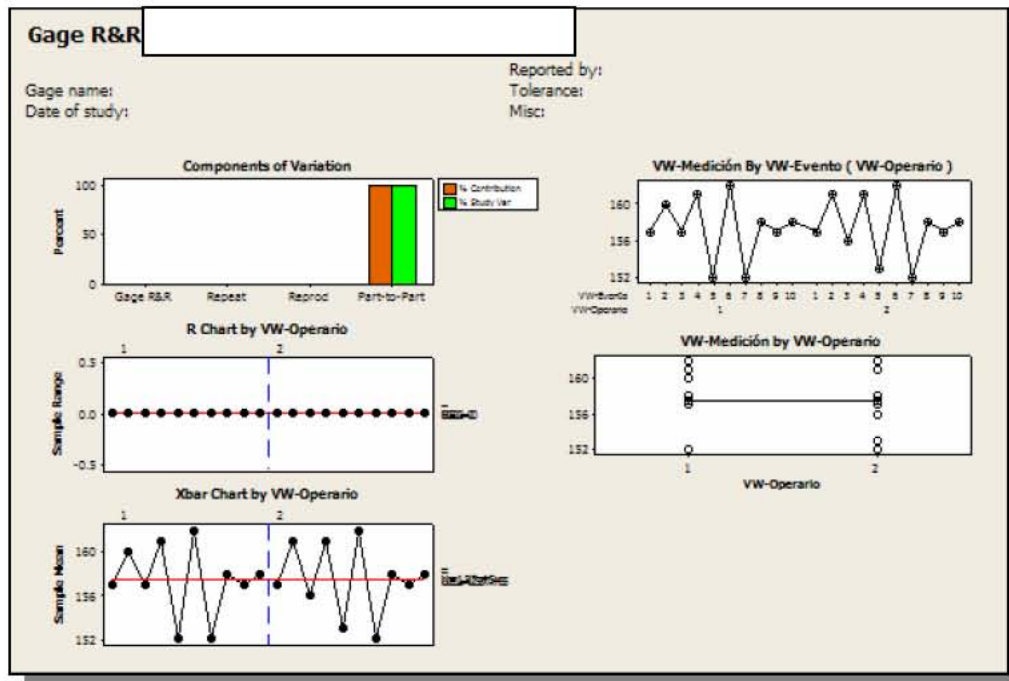


Figura 3.12.- Resultado gráfico del estudio Gage R&R (Nested) para la medición del tiempo ciclo con cronómetro.

Como se muestra en la figura 3.13 los resultados numéricos de estudio Gage R&R demuestran que la Reproducibilidad y Repetibilidad no afectan la variabilidad del sistema de medición por lo que se valida este sistema de medición.

Source	%Study Var StdDev (SD) (%SV)	Study Var (6 * SD)
Total Gage R&R	0.00000	0.0000
Repeatability	0.90000	0.9000
Reproducibility	0.00000	0.0000
Part-To-Part	3.32415	19.9449
Total Variation	3.32415	20.8449
	100.00	
	100.00	
Number of Distinct Categories = *		
Gage R&R (Nested)		

Figura 3.13 Resultado numérico del estudio Gage R&R (Nested) para la medición del tiempo ciclo con cronómetro.

3.2 Línea base del proceso

Una vez validado el sistema de medición del proceso es necesario recolectar datos para tener una muestra que permita inferir en la población. De acuerdo a Management Developing Center (MDC) [7] la recolección inicial de datos es la línea base del proceso que analógicamente es una fotografía instantánea de las condiciones actuales del proceso.

La línea base cuantifica la bondad del proceso existente usando datos muestrales antes que cualquier mejora se implante. Es importante no interferir en la línea base del proceso, es decir, dejar que las condiciones reales –buenas o malas- ocurran.

Es recomendable recolectar los datos de manera aleatoria y así evitar datos sesgados (indica el grado de asimetría en un conjunto de datos; si los datos presentan una cola larga a la derecha, la asimetría es positiva, siendo negativa para datos sesgados a la izquierda) o tener sólo una muestra representativa de una determinada parte de la población. Para evitar interferir en la recolección de datos y que estos sean aleatorios, la toma de los mismos se realiza en distintos días, turnos y horas.

Es importante determinar el número de datos que conforman la muestra para que esta sea realmente representativa de la población. Existe discrepancia por parte de distintos autores sobre cual debe ser el tamaño de la muestra para que esta no sea muy pequeña y no refleje el comportamiento de la población o demasiado grande que no sea práctica en términos de recursos utilizados para obtenerla. De acuerdo al Master Black Belt (persona especializada en “Six Sigma” y encargada de darle seguimiento a los proyectos desarrollados por los Black Belts) y de la experiencia de los Black Belts de SIU, el tamaño de muestra de los proyectos “Six Sigma” en la planta de SIU puede ser de 30 datos, lo cuál es suficiente para representar de forma significativa el proceso que se este estudiando.

3.2.1 Recolección de datos para la “línea base” para la longitud de cordones de soldadura.

Se miden los 33 cordones que se encuentran en cada pieza y se repite la operación hasta completar un total de 30 piezas. En las tablas 3.6, 3.7 Y 3.8 se muestran las 30 lecturas de las longitudes (mm) de los cordones en el mismo orden que se presentan en la secuencia de aplicación de soldadura.

Tabla 3.6 Lecturas en mm realizadas a la longitud de cordones de soldadura (1-11) a 30 piezas escogidas aleatoriamente.

DATOS DE LA LONGITUD DE CORDONES DE SOLDADURA											
PIEZA	CORDON No.										
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	14.38	12.66	39.71	20.99	20.06	21.67	10.28	21.74	26.31	15.70	15.01
2	13.95	13.27	40.25	18.58	23.38	19.75	10.37	25.49	30.92	15.03	19.86
3	14.74	13.16	41.42	20.70	20.67	20.77	10.60	21.78	26.14	16.82	14.78
4	13.95	12.68	40.43	19.54	23.56	20.90	10.25	25.14	30.26	15.81	20.01
5	15.49	13.32	40.95	21.34	20.73	21.54	10.71	21.76	25.50	21.06	14.32
6	15.01	13.20	41.02	19.50	23.78	20.02	9.92	26.14	30.83	15.96	19.76
7	14.64	13.40	42.01	20.82	20.43	20.77	11.13	21.34	26.71	16.06	14.86
8	14.37	13.34	41.13	20.98	24.00	21.03	10.70	26.37	31.38	15.89	19.66
9	14.71	15.56	40.28	21.19	20.96	21.19	10.55	28.16	28.60	16.23	14.14
10	14.37	12.90	40.63	18.95	22.91	20.67	9.95	24.91	30.53	15.73	19.52
11	14.31	13.72	41.93	22.05	21.29	21.37	10.56	27.30	28.13	15.65	14.69
12	14.13	12.73	40.92	20.09	25.01	19.43	9.61	25.74	30.98	15.96	19.16
13	14.28	13.52	41.10	21.71	20.76	20.99	11.46	26.68	28.25	16.36	14.18
14	13.71	12.54	41.33	20.28	23.92	19.90	10.77	25.32	31.14	15.37	19.19
15	14.90	13.56	41.06	20.85	20.51	21.07	10.25	26.46	27.71	15.65	14.27
16	14.71	13.53	41.51	18.94	24.15	19.62	10.31	25.78	30.14	14.62	19.09
17	14.71	14.10	41.98	21.68	20.99	20.49	11.29	25.91	28.38	16.31	14.24
18	14.09	12.60	41.92	20.37	24.71	19.53	10.59	25.75	31.04	15.05	19.25
19	14.76	13.47	41.15	21.40	20.87	20.82	11.28	27.49	28.84	15.41	14.61
20	14.08	12.88	41.24	19.23	24.80	21.11	10.73	25.47	31.29	15.67	19.78
21	14.83	13.48	41.56	21.72	20.64	22.21	12.13	25.69	28.59	16.03	14.72
22	14.57	13.01	41.19	19.16	23.37	19.74	10.17	25.60	30.38	15.92	19.57
23	14.93	14.13	41.75	21.49	21.79	21.37	11.06	25.36	28.94	15.87	14.89
24	14.59	12.49	41.71	19.27	24.08	20.53	10.72	25.62	30.67	15.73	19.42
25	15.19	13.83	41.65	21.34	21.76	20.75	11.27	24.76	28.86	15.59	14.43
26	14.09	12.93	41.32	19.68	24.67	20.38	10.46	25.55	31.09	15.46	19.45
27	14.63	13.64	41.78	21.41	21.84	20.93	10.99	24.89	29.28	15.67	14.61
28	14.57	12.74	40.78	20.01	24.32	20.94	10.55	25.26	31.10	15.85	19.39
29	14.79	14.05	41.71	20.15	21.50	21.23	11.38	24.22	28.12	15.71	14.60
30	14.11	12.76	41.63	19.90	23.87	20.90	10.41	24.91	31.63	15.58	20.76

Tabla 3.7 Lecturas en mm realizadas a la longitud de cordones de soldadura (12-22) a 30 piezas escogidas aleatoriamente.

DATOS DE LA LONGITUD DE CORDONES DE SOLDADURA											
PIEZA	CORDÓN No.										
No.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	21.23	19.27	28.00	25.00	53.80	11.78	13.74	35.76	55.50	21.07	18.03
2	20.67	20.17	31.00	24.50	55.23	10.73	10.55	36.01	33.50	17.87	20.22
3	20.23	19.97	27.50	41.00	52.73	11.50	13.55	35.97	36.00	21.24	19.31
4	21.39	20.46	31.00	27.00	55.75	10.89	10.69	35.95	33.00	17.50	20.19
5	20.89	19.68	29.00	26.00	52.61	12.18	13.79	36.57	35.00	21.85	19.26
6	22.03	21.45	28.00	27.00	54.76	11.48	10.24	36.41	35.00	18.18	21.29
7	20.59	19.88	29.00	25.00	53.77	12.18	14.00	36.38	34.00	20.95	19.03
8	22.01	19.96	28.00	27.00	55.61	10.65	10.20	36.77	35.00	18.69	20.36
9	21.71	19.79	28.00	29.00	53.05	12.32	15.06	36.48	35.00	19.35	20.71
10	21.42	20.43	27.50	27.00	55.06	11.47	10.28	35.79	34.50	18.44	20.85
11	21.67	19.17	28.00	28.00	53.77	11.49	14.84	34.78	34.50	21.48	19.04
12	19.65	21.06	28.00	27.00	55.12	11.05	10.40	36.83	35.00	19.17	20.99
13	20.05	20.10	27.00	26.00	53.10	11.97	13.55	35.07	34.50	21.88	18.57
14	19.53	19.13	28.00	26.00	56.13	10.48	10.54	36.53	34.50	20.01	20.62
15	21.49	19.79	27.50	27.00	53.15	11.04	14.57	34.75	34.50	21.76	17.93
16	19.79	20.28	28.00	27.00	55.27	10.54	10.37	36.02	35.00	18.64	20.61
17	20.84	19.26	28.00	28.00	54.13	11.64	14.93	34.77	34.00	21.88	18.83
18	19.61	19.80	27.00	27.00	55.45	10.32	10.06	36.02	35.00	19.47	20.26
19	20.58	20.34	29.00	27.00	53.28	11.76	14.07	34.43	35.00	20.69	19.01
20	20.25	21.04	28.00	27.00	54.98	10.98	10.29	36.25	35.50	19.06	20.32
21	21.59	19.37	28.00	27.00	53.23	12.01	15.04	34.79	35.50	20.95	19.02
22	19.56	19.94	28.00	27.00	55.93	10.85	10.72	36.24	35.00	19.04	20.71
23	20.55	19.25	28.00	27.50	52.86	11.46	14.30	34.98	35.00	21.08	18.93
24	19.88	20.53	28.00	28.00	55.74	11.26	10.57	36.12	34.50	18.69	20.60
25	21.39	20.10	27.50	27.00	52.71	11.59	15.03	35.25	35.00	21.31	18.82
26	20.47	19.83	28.00	27.50	56.16	10.20	10.81	35.98	35.00	19.17	20.44
27	21.17	20.18	28.50	27.50	52.63	11.68	14.88	34.68	35.50	21.47	19.01
28	19.97	21.32	28.00	27.50	55.76	11.72	11.16	37.52	35.00	20.40	20.12
29	22.22	19.44	28.00	27.00	52.81	11.82	14.85	35.03	35.00	21.81	18.98
30	22.18	20.97	28.50	27.50	56.18	11.09	11.37	35.29	35.50	18.73	20.70

Los datos obtenidos en las tablas 3.6, 3.7 y 3.8 se pueden interpretar con la ayuda del programa Minitab ® 14, que en el caso de cada cordón se especificará la longitud requerida por el cliente y la tolerancia, ya con esto se puede observar como se comportan los datos además de saber que tan alejados se está del objetivo que en este caso es la longitud especificada por el cliente en cada cordón.

Tabla 3.8 Lecturas en mm realizadas a la longitud de cordones de soldadura (23-33) a 30 piezas escogidas aleatoriamente.

DATOS DE LA LONGITUD DE CORDONES DE SOLDADURA											
PIEZA	CORDÓN No.										
No.	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1	18.56	27.66	21.42	21.68	15.76	19.29	16.81	20.43	19.75	20.89	29.00
2	17.18	25.86	17.77	22.81	19.59	17.46	21.70	17.72	20.08	17.05	30.00
3	18.56	27.38	20.67	21.50	16.31	20.46	16.27	21.71	19.98	20.83	27.30
4	18.24	26.48	18.62	22.79	19.65	18.59	20.48	18.11	19.98	15.16	27.15
5	19.01	28.08	21.36	21.64	16.16	21.13	17.62	20.97	16.68	20.32	27.84
6	18.18	25.91	18.82	22.13	19.67	17.83	20.16	15.82	19.89	18.01	27.71
7	19.67	27.53	21.05	21.66	21.81	15.66	20.81	22.12	16.90	21.58	27.92
8	19.43	28.65	18.13	24.38	20.15	17.82	19.99	17.23	20.72	19.21	27.56
9	20.99	27.43	19.52	22.08	22.06	16.72	20.29	21.53	16.02	20.37	27.63
10	18.07	26.10	18.29	23.24	20.31	18.72	20.31	18.23	20.67	15.30	30.01
11	18.27	28.38	21.91	20.01	16.67	21.42	16.50	16.43	21.03	20.41	29.37
12	16.93	26.95	18.67	22.33	17.08	19.75	24.22	17.85	21.52	16.92	30.00
13	19.03	26.79	21.57	20.83	15.87	21.80	21.57	16.35	23.05	19.79	29.43
14	16.59	26.09	18.17	21.81	16.00	20.16	24.74	16.22	18.97	17.94	27.90
15	18.32	28.24	20.23	21.04	16.12	21.14	19.32	17.57	22.03	20.12	28.89
16	17.67	26.46	18.08	21.33	16.82	19.90	23.04	16.74	19.83	17.44	27.20
17	18.62	27.62	21.21	21.05	16.47	21.92	22.45	17.43	21.19	20.09	28.88
18	17.24	26.02	19.56	22.71	18.09	19.85	23.94	17.18	20.47	17.55	29.73
19	18.74	28.84	21.39	21.05	16.06	21.61	22.94	17.39	21.49	20.67	30.02
20	17.93	26.84	19.10	22.71	18.73	21.01	24.24	18.03	21.21	18.30	28.46
21	18.95	29.37	21.31	22.93	17.33	20.74	22.58	17.51	21.77	20.29	29.03
22	16.45	27.64	18.42	23.08	18.85	20.58	24.18	17.98	20.67	17.29	30.09
23	18.96	28.32	21.67	20.94	16.64	21.53	21.04	16.75	21.01	20.12	29.61
24	17.34	26.68	19.08	23.37	17.55	20.16	24.60	17.34	20.69	17.94	29.09
25	18.68	28.37	21.55	21.06	16.56	21.28	19.94	16.75	21.40	20.36	29.23
26	17.28	26.94	18.67	22.64	17.33	20.35	24.39	17.69	20.06	16.81	28.06
27	18.83	28.39	21.71	20.97	16.78	21.36	18.96	16.67	21.06	20.27	29.34
28	17.00	27.43	21.08	22.38	18.38	20.99	25.40	17.32	19.15	17.71	27.45
29	18.87	28.70	21.36	21.01	16.94	21.46	19.80	16.69	21.51	20.06	28.99
30	16.25	27.06	21.00	22.86	17.67	20.78	25.53	16.95	18.79	16.92	28.65

Antes de obtener la capacidad de proceso de cada cordón, es necesario cerciorarse si los datos son normales, esto significa que se comportan como la curva normal y en caso de no ser normales el procedimiento a seguir va a ser diferente debido a que se analizan con la ayuda de otra curva que es la Weibull.

Para determinar si los datos son normales o no, se ocupa el programa Minitab ® 14 siguiendo estos pasos:

1. Se sigue la siguiente ruta de acceso: *Stat > Basic Statistics > Normality Test*, tal como se indica en la figura 3.14.

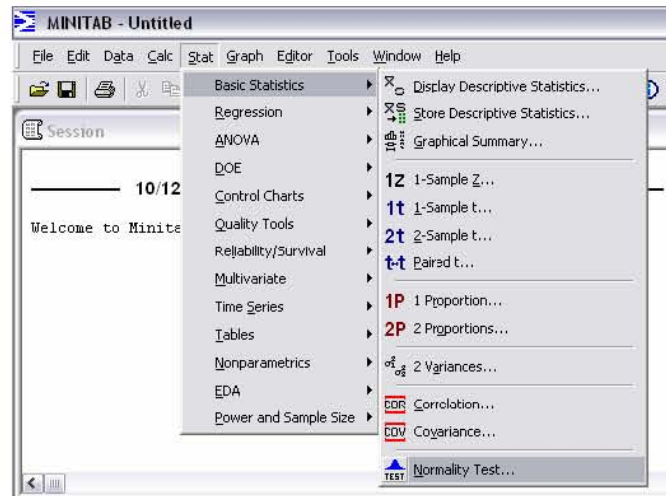


Figura 3.14.- Ruta de acceso al cuadro de diálogo del Normally Test.

2. Una vez abierto el cuadro de diálogo del Normally Test es necesario completar de esta forma los siguientes campos: en Variable se pone C1 (Longitud del cordón 1), None para Percentile lines y en Test for Normality se escoge la opción Anderson-Darling. La opción que se escogió para hacer la prueba de normalidad maneja un intervalo de confianza del 95% y la figura 3.15 ejemplifica como debe de llenarse el cuadro de diálogo del Normally Test.

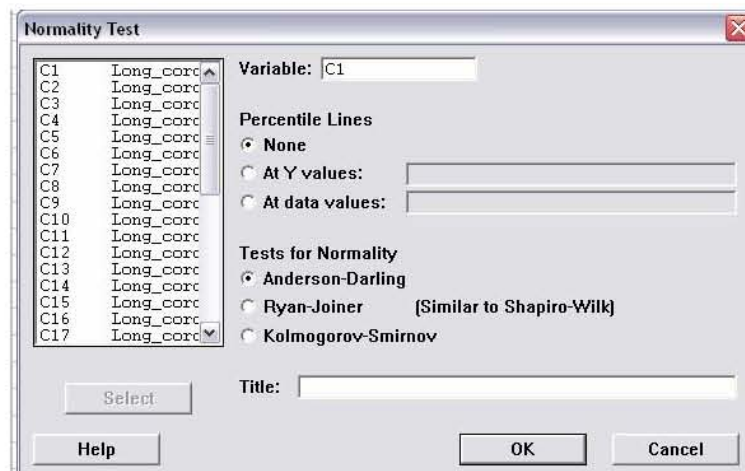


Figura 3.15 Forma de completar el cuadro de diálogo del Normally Test.

Una vez que se le da “OK” al cuadro de diálogo del Normality Test, el programa despliega una gráfica como la que se muestra en la figura 3.16. Dicha gráfica representa como se comportan los datos y los puntos rojos (representan los datos) entre más intercepten la línea recta en color azul (es el comportamiento normal ideal contra el cual se comparan los datos obtenidos) más normales son los datos. Se ve que no existe mucha dispersión en los datos y numéricamente el valor de P-Value confirma dicha afirmación con un valor alto de 0.533, ya que para afirmar que existe un compartimiento normal sólo se necesita un valor de P-Value mayor a 0.05. Se observa que la media es de 14.52 mm, cuyo valor esta alejado por 4.52 mm de la especificación del cliente pero dentro de la tolerancia (10-15 mm), además la dispersión detectada con la desviación estándar es de 0.4033, teniendo por tanto una variación pequeña.

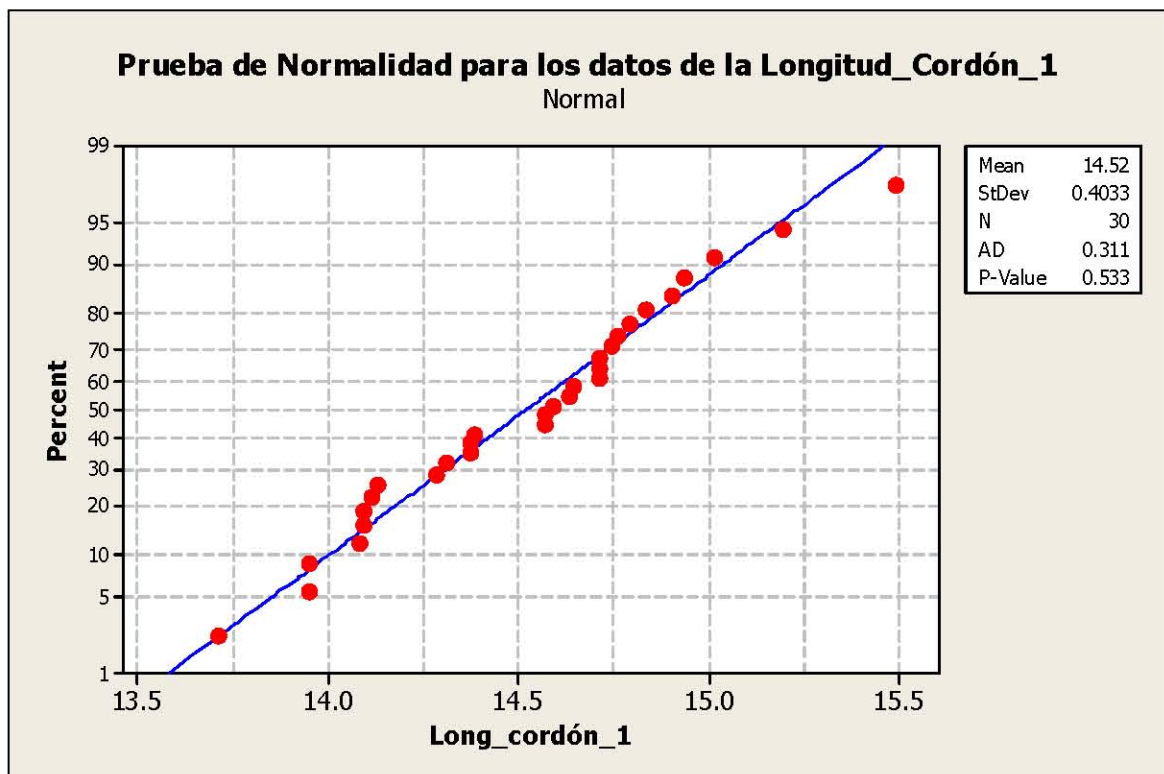


Figura 3.16 Gráfica de la Prueba de Normalidad para los datos recolectados de la longitud del cordón #1 del sub-ensamble inferior del SU-V6.

Sabiendo que los datos son normales ya se puede inferir sobre ellos ocupando la curva normal y utilizando Minitab ® 14, se obtiene la línea base del proceso que refleja la capacidad de este. Se siguen los siguientes pasos:

1. Se sigue la siguiente ruta de acceso: *Stat > Quality Tools > Capability > Analysis > Normal...* tal como se indica en la figura 3.17.

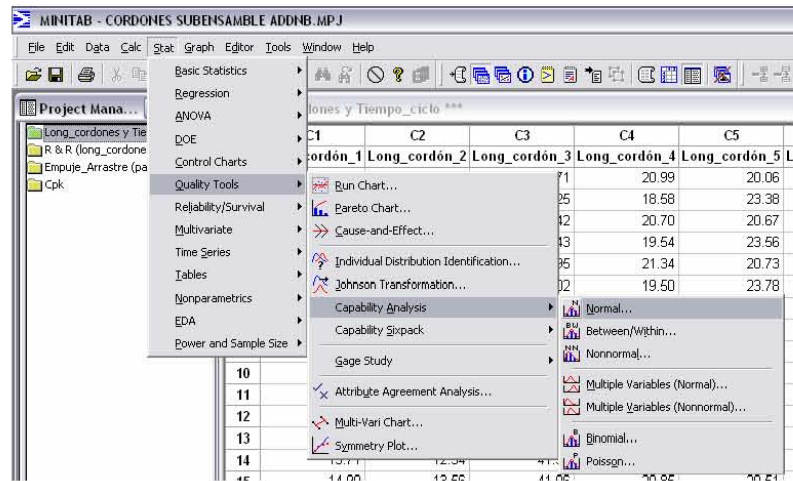


Figura 3.17 Ruta de acceso al Capability Analysis (datos normales) para el cordón #1.

2. En el cuadro de diálogo del Capability Analysis (Normal) es necesario completar los siguientes campos así: en Single Column se pone C1 (Longitud del cordón 1), y se especifica la longitud de cordón sin y con tolerancia en los campos de “lower spec” y “upper spec” respectivamente tal como se muestra en la figura 3.18.

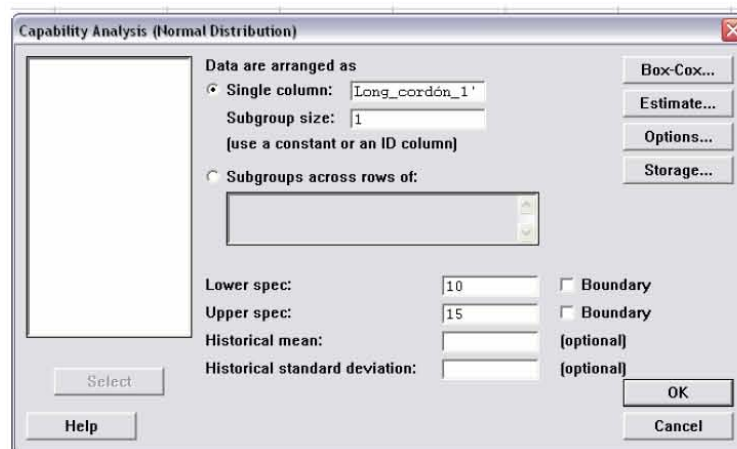


Figura 3.18 Cuadro de diálogo para el Capability Analysis ocupando datos normales.

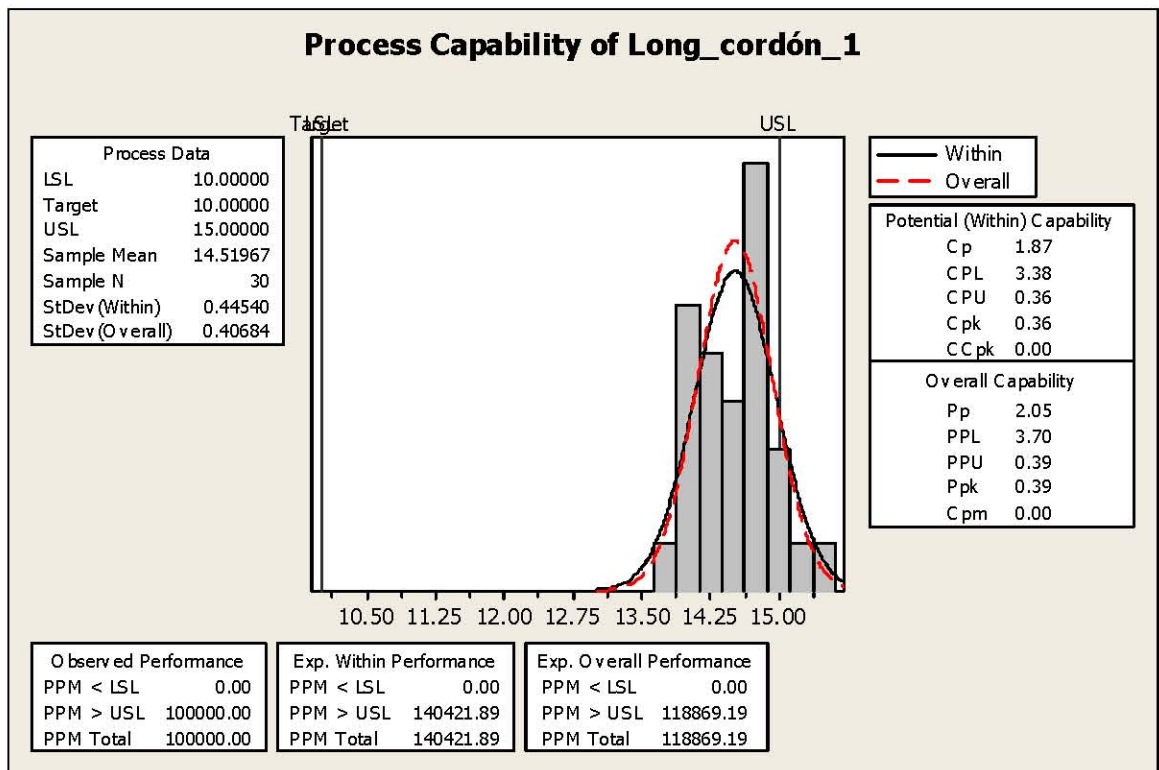


Figura 3.19 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #1.

Como se puede observar en la figura 3.19 los datos de la longitud del cordón 1 se encuentran alejados del objetivo que, equivale a 10 mm con una tolerancia positiva de 5mm. Aunque se encuentran casi dentro de la tolerancia se ve que algunos datos están fuera de especificación provocando 118,869.19 PPM en el proceso. Otro indicador que se obtiene de esta gráfica es el Cpk con un valor de tan sólo 0.36, ya que las armadoras automotrices especifican a sus clientes que deben de tener indicadores Cpk=1.33 que significa que pueden cumplir con la capacidad requerida por ellos como clientes.

Para conocer como se encuentra la capacidad de los demás cordones es necesario sacar primero si son o no son normales los datos y después hacer el análisis de capacidad. Como se indicó en la página 20 en Minitab ® 14 se ocupa la opción Normality Test para obtener el valor de P-Value y determinar como se comportan los datos; aunque también el

programa da otra alternativa (Graphical Summary) para obtener este indicador añadiendo otro tipo de gráfica más accesible de interpretar. Para obtener el Graphical Summary se siguen los siguientes pasos:

1. Se sigue la siguiente ruta de acceso: *Stat > Basic Statistics > Graphical Summary* tal como se indica en la figura 3.20.

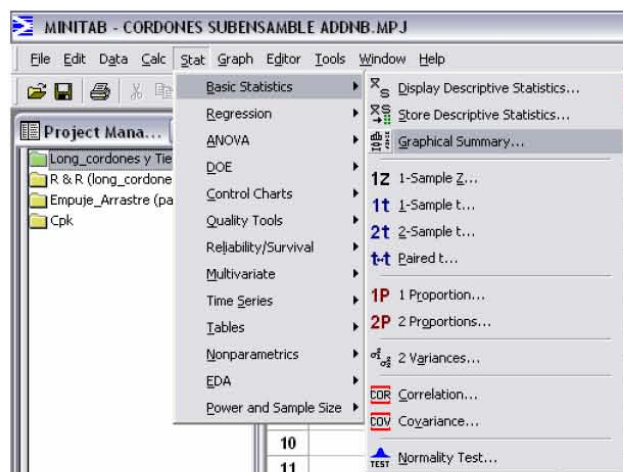


Figura 3.20 Ruta de acceso al Capability Analysis ocupando datos normales para el cordón #1.

2. Una vez abierto el cuadro de diálogo del Graphical Summary es necesario completar de esta forma los siguientes campos: en Variables se pone C1 (Longitud del cordón 2), y se especifica 95.0 en Confidence level (grado de confiabilidad) como se muestra en la figura 3.21.

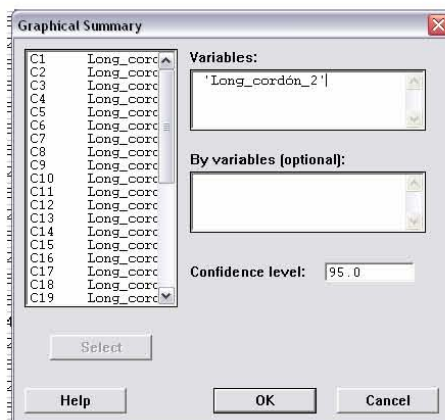


Figura 3.21 Cuadro de diálogo del Graphical Summary .

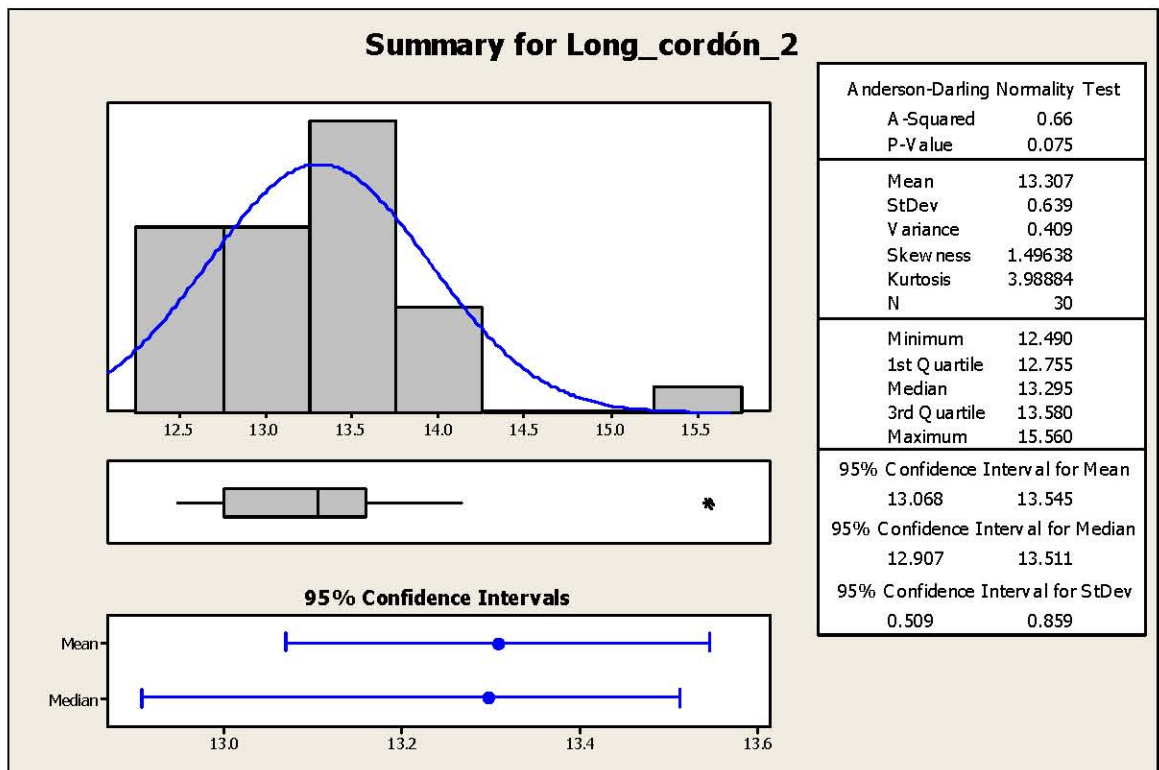


Figura 3.22 Gráfica Summary para la longitud del cordón #2, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

Después de darle “ok” en el cuadro de diálogo del Graphical Summary, Minitab ® 14 despliega una gráfica como la que se muestra en la figura 3.22. Dicha gráfica muestra la distribución de los datos y como estos se encuentran un poco sesgados a la izquierda, pues los primeros tres cuartiles están pegados al lado izquierdo de la curva y se tiene un dato aberrante que se representa con un asterisco (abajo del valor de 15.5 mm), aberrante significa que se encuentra muy lejano al comportamiento normal de la curva. En la parte superior derecha de la gráfica se encuentra el valor de P-Value con un valor 0.075 siendo mayor a 0.05 por tanto se concluye que los datos para las longitudes del cordón #2 se comportan de acuerdo a la curva normal, es decir son datos normales.

Ya que se conoce que los datos son normales se puede proceder a obtener el análisis de capacidad siguiendo los pasos descritos en las páginas 22 y 23, ocupando como variable la

longitud del cordón #2 y se utilizan las mismas especificaciones 10 mm. Como límite inferior y 15 como el límite superior. Se obtiene una gráfica como la de la figura 3.23:

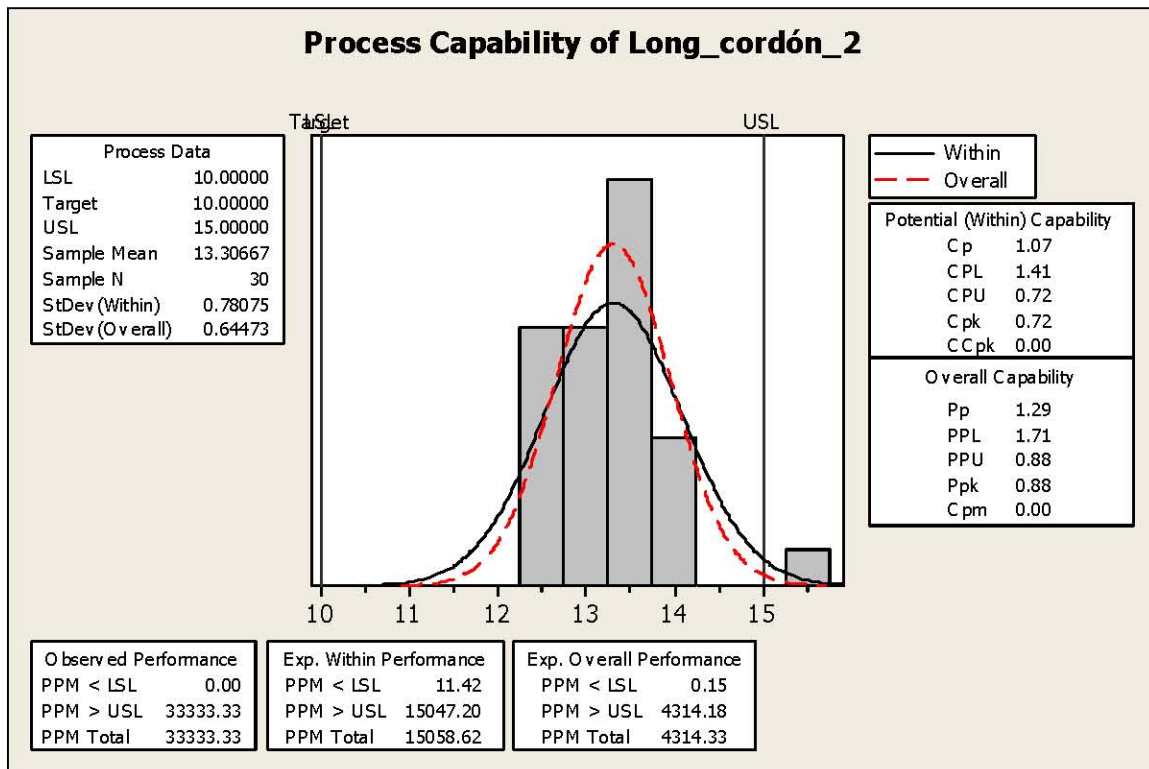


Figura 3.23 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #2.

En este análisis de capacidad, se observa que la longitud del cordón #2 está prácticamente dentro de especificación, solo unos datos se encuentran por encima del límite superior (15mm) provocando 4,314.18 PPM que al compararlo con la capacidad de la longitud del cordón #1 (118,869.19PPM) es mucho mejor y el Cpk lo confirma con un valor 0.72 que aunque aún se encuentra alejado del 1.33 tiene un valor más cercano que en el caso de la longitud del cordón #1. La media para este cordón es de 13.3 mm aunque se encuentra dentro de la tolerancia, el objetivo para la longitud de este cordón es de 10 mm. Pues es el valor que permite ahorrar más micro alambre por operación.

Para los datos de la longitud del cordón #3 se observa un comportamiento normal, pues la mayor concentración de los datos se ubica cerca de la media de 41.235 mm y como lo indica el valor del P-Value de 0.245 se valida esta afirmación. Se tiene un sesgo positivo al concentrarse los datos del lado derecho de la gráfica, es decir que la gran mayoría de los datos se encuentran entre la media y el valor real máximo de 42.01 mm. De acuerdo al valor de la desviación estándar es de 0.57 mm, la variación para este proceso es pequeña como se muestra en la figura 3.24:

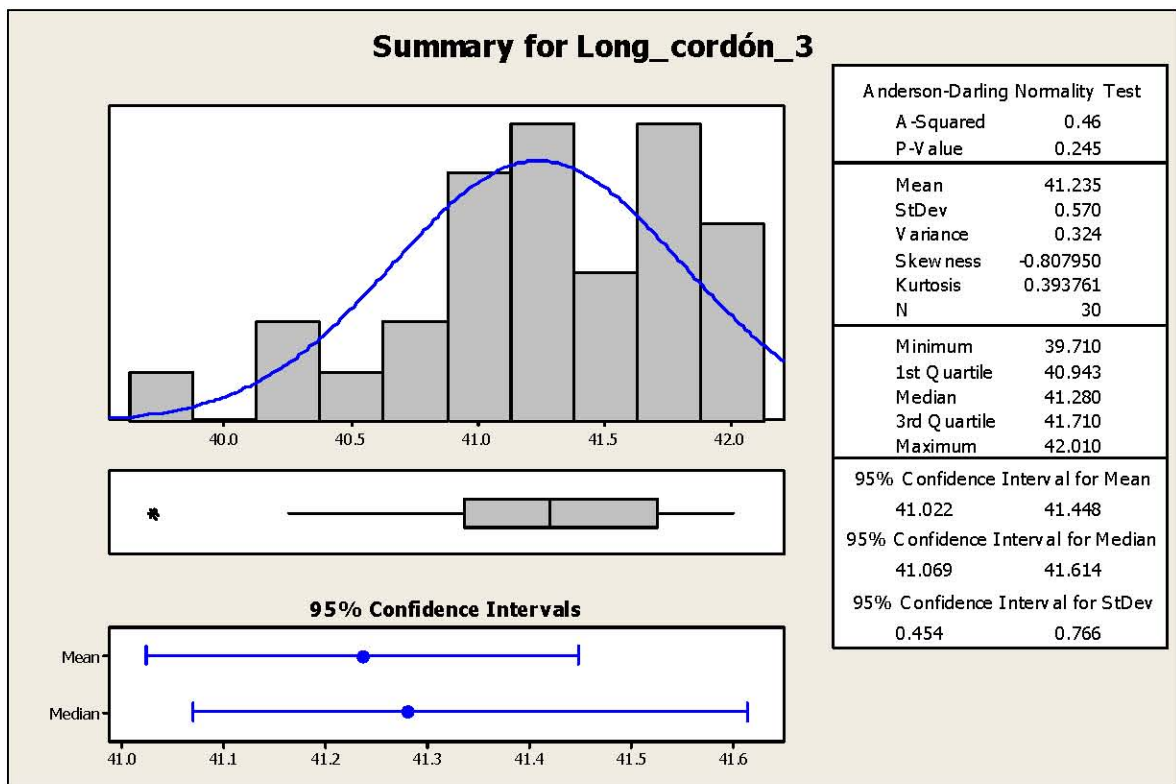


Figura 3.24 Gráfica Summary para la longitud del cordón #3, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

Para la longitud del cordón #3 la capacidad del proceso se encuentra representada en la gráfica de la figura 3.25.

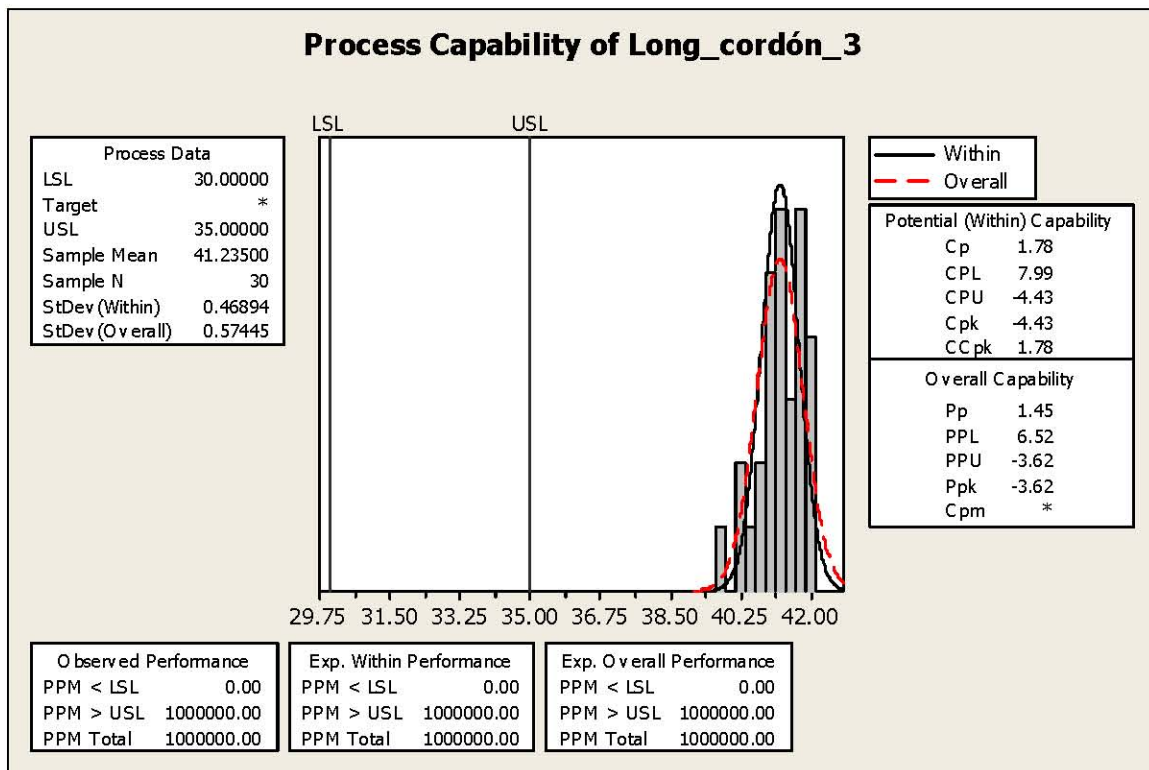


Figura 3.25 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #3.

La capacidad de proceso para el cordón de soldadura #3 se encuentra muy distante del objetivo, pues para la longitud de este cordón se requiere un valor de 30 mm con una tolerancia positiva de 5 mm. En realidad la longitud del cordón #3 es de 41.23 mm en promedio (media) y por tanto se producen un 1, 000,000 PPM pues ninguna longitud se encuentra dentro de especificación. Esta afirmación se confirma con un valor negativo de 4.43 para el Cpk y como se observa en la gráfica de la figura 3.25, la variación de la longitud para este cordón es pequeña como lo indica la desviación estándar con un valor de 0.57 (overall), aunque esto es recomendable aún se necesita centrar el proceso para tener una longitud para este cordón dentro de los límites especificados por el cliente de 30 mm y 35 mm como límite inferior y límite superior respectivamente.

Para conocer si es normal el comportamiento de la longitud del cordón #4 se ocupa la gráfica de la figura 3.26:

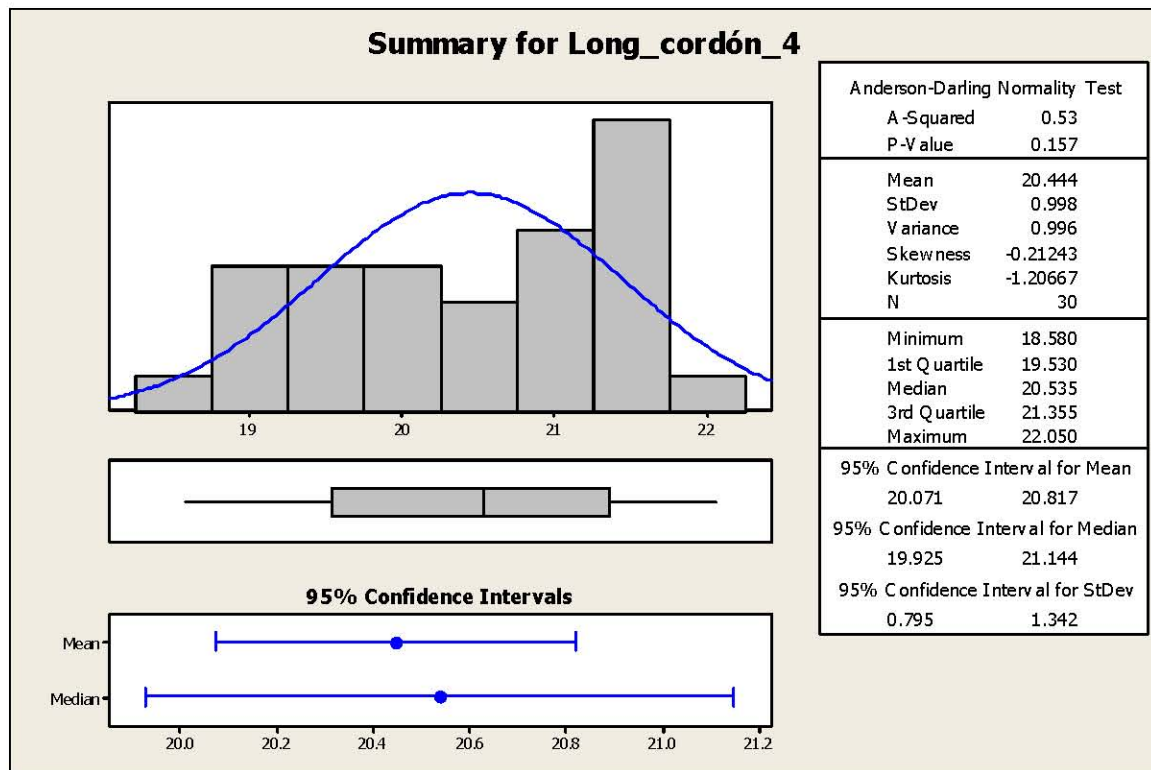


Figura 3.26 Gráfica Summary para la longitud del cordón #4, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

Se observa que el valor de P-Value es 0.157 que indica normalidad en la longitud del cordón de soldadura #4 y como se observa en la gráfica de la figura 3.26 los datos se encuentran centrados evitando así un sesgo de los mismos. Para la longitud del cordón #4 se pide un valor mínimo de 20 mm y un valor máximo de 25 mm. Aunque este valor es determinado por el tamaño de la cápsula para el cinturón de seguridad. Existe una dispersión mayor en comparación a los tres cordones anteriores, y se refleja en el valor de 0.998 mm para la desviación estándar.

Se analiza la capacidad del proceso para la longitud del cordón #4 y se obtiene la gráfica como se muestra en la figura 3.27:

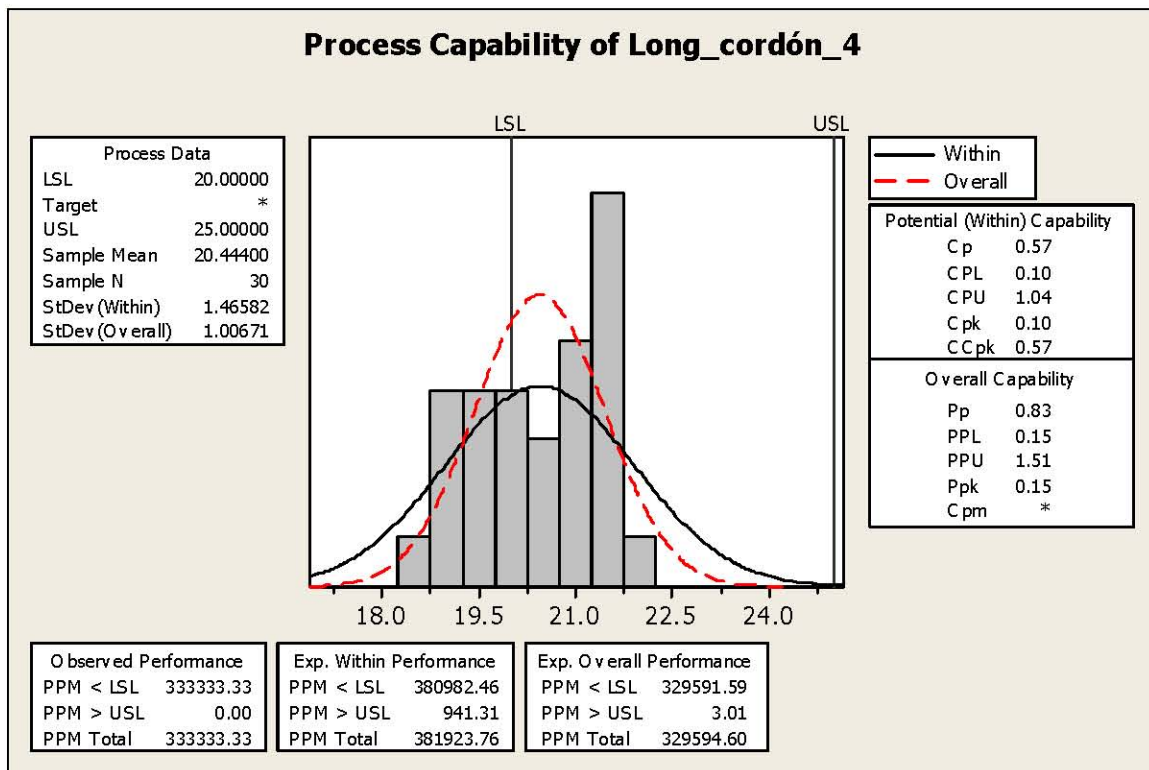


Figura 3.27 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #4.

Se observa que la mayoría de las lecturas no cumplen con la especificación del límite inferior y por tanto se debe de tener cuidado ya que para este cordón no se ahorrará micro alambre pero si evitará cualquier incertidumbre en aspectos de seguridad pues hay que recordar que este cordón se utiliza para unir la cápsula del cinturón de seguridad a la pata chica. Se tiene por tanto un total de 329, 594.60 PPM y un escaso 0.10 como valor del Cpk. Definitivamente para este cordón es importante centrar el proceso dentro de especificación y tener cuidado en no rebasar el límite inferior equivalente a 20 mm, pues se trata de un cordón de seguridad (D).

Para el cordón número 5 se obtiene la gráfica Summary para saber como se comporta las longitudes para este cordón tal como se muestra en la figura 3.28:

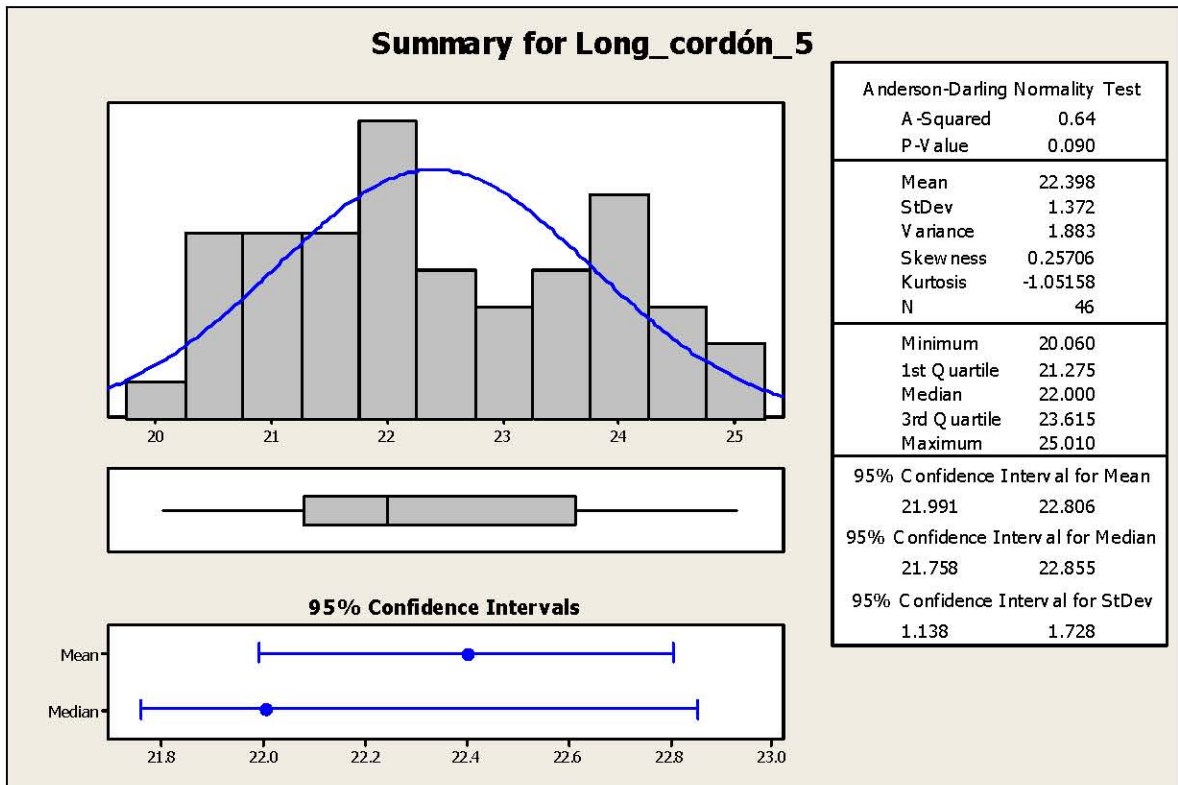


Figura 3.28 Gráfica Summary para la longitud del cordón #5, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

El valor de P-Value es 0.090 el cual es todavía mayor a 0.05, valor mínimo requerido para validar la normalidad de los datos, y por tanto aún se comporta de manera normal los datos para la longitud del cordón # 5. A pesar de que casi no hay sesgo en los datos, si existe gran dispersión como lo demuestra la desviación estándar que tiene un valor de 1.372 mm. Para este cordón la longitud promedio (22.39 mm) se encuentra por encima del límite superior (20 mm) y por tanto no se cumple con el objetivo que es de 15 mm para este cordón de soldadura.

Al observar la gráfica de la figura 3.28 se puede anticipar que la capacidad del proceso no será óptima, pero se ocupa la gráfica de la figura 3.29 para poder analizar como se encuentra el proceso para el cordón número 5:

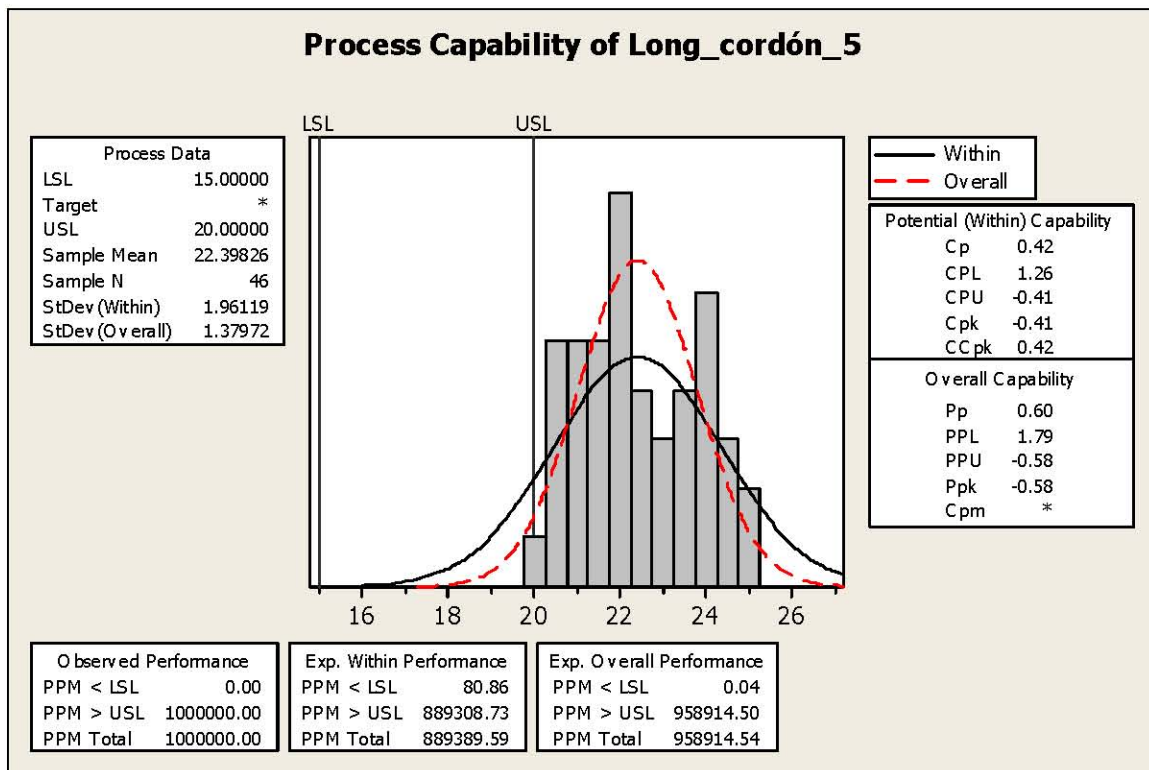


Figura 3.29 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #5.

Definitivamente el proceso se encuentra fuera de especificación con un total de 958, 914.54 PPM y un $Cpk = -0.41$. Para el análisis de este cordón se tomó una muestra mayor a las anteriores, en lugar de tomar 30 muestras se obtuvieron 46 lecturas para la longitud; esto se debe a que al principio los datos no se comportaban de forma normal y se optó por ampliar la muestra y con eso se logró normalizar los datos.

Según la gráfica de la figura 3.30 los datos para la longitud del cordón #6 son normales aunque se encuentran cerca del límite de 0.05 con un valor de 0.087 de acuerdo a los resultados obtenidos por el método Anderson-Daling. Para el cordón #6 el cliente solicita una longitud de 15 mm. Como mínimo y aplicando la tolerancia el límite superior será de 20 mm.

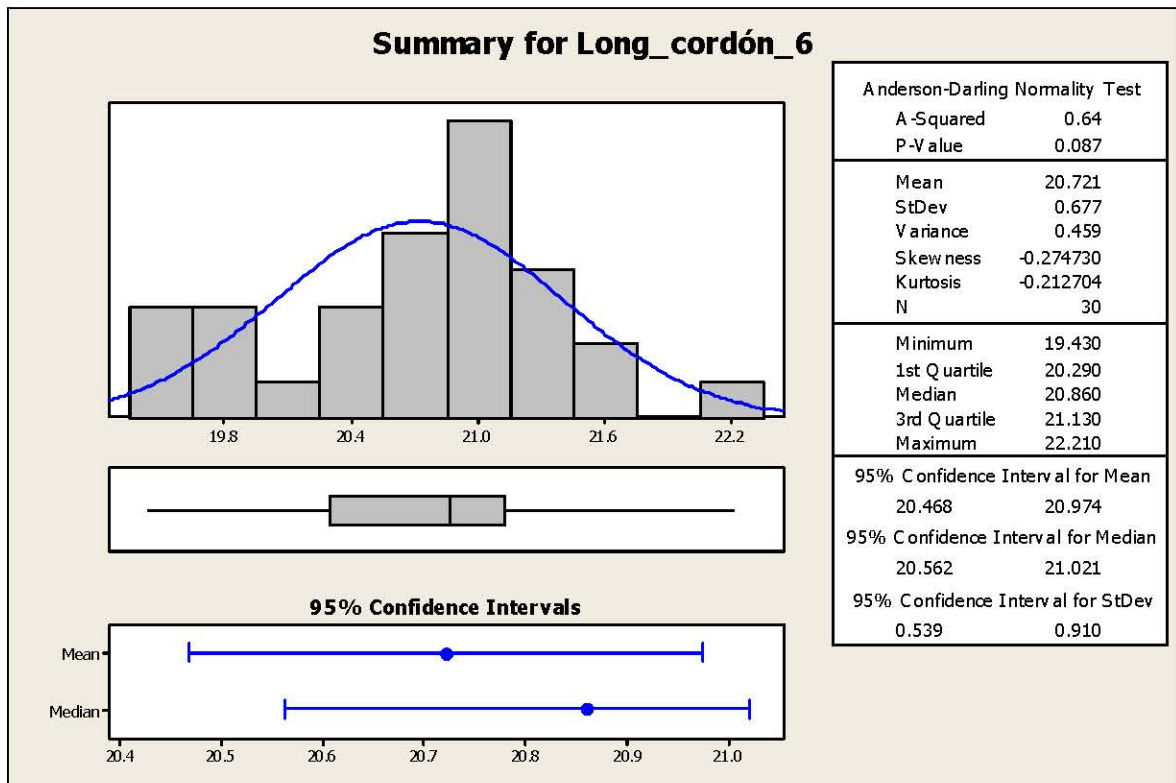


Figura 3.30 Gráfica Summary para la longitud del cordón #6, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

Partiendo de la gráfica de la figura 3.30 se opta por obtener la capacidad del proceso en base a datos normales y Minitab ® 14 despliega una gráfica como la de la figura 3.31. En la gráfica se observa que a pesar que algunos cordones se encuentran dentro de especificación 15 mm como valor mínimo y 20 mm como valor máximo, la mayoría se encuentran sobrados y por tanto se tiene una media de 20.72 mm superior a los 15 mm que se busca como objetivo. Al analizar la capacidad del proceso se recomienda primero controlar lo más posible las variables que ocasionan la variación y después desplazarlo a la izquierda hasta que se encuentre dentro del rango especificado por el cliente (15-20 mm). De acuerdo a lo mencionado anteriormente es lógico que existan un total de 854,305 PPM y un valor

de Cpk negativo de -0.30, el cual está muy alejado del valor solicitado por el cliente (Cpk=1.33) de SIU.

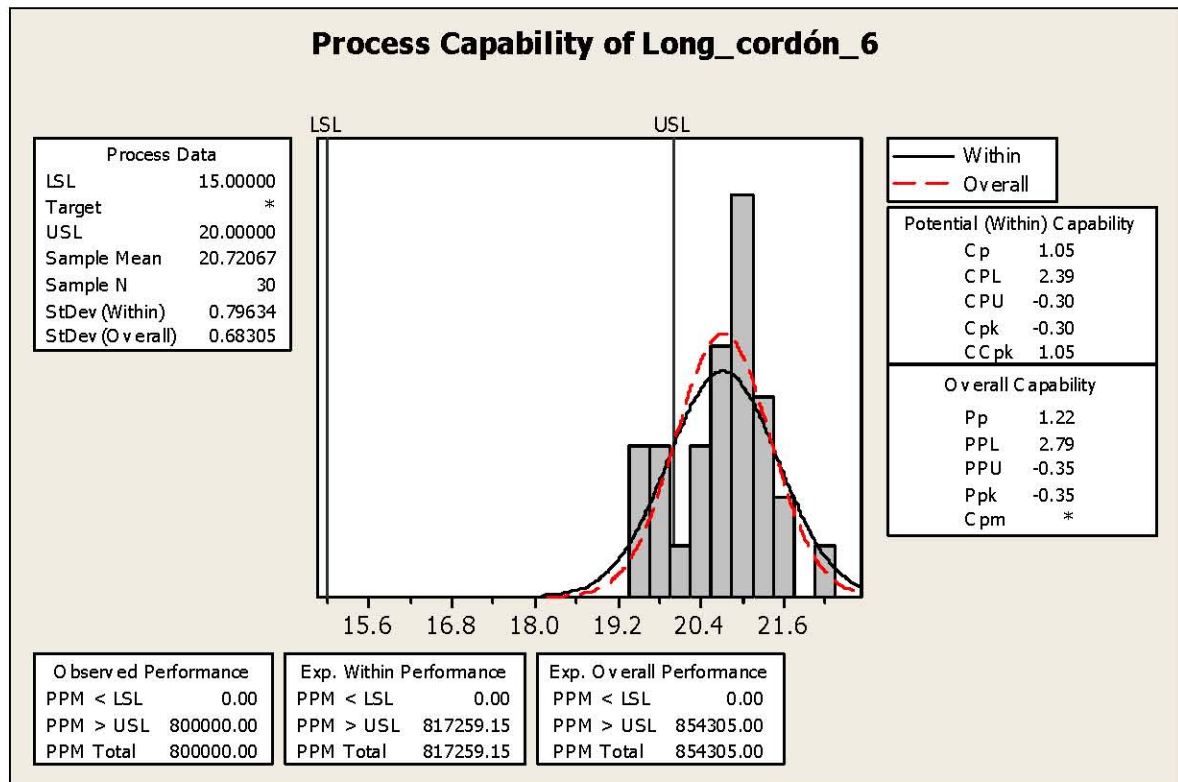


Figura 3.31 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #6

La longitud del cordón #7 tiene un comportamiento claramente normal con un valor de P-value=0.418. El comportamiento de los datos se muestra en la gráfica de la figura 3.32 y se observa que los datos se concentran al centro de la curva y tanto al lado derecho como izquierdo de la misma la frecuencia de los mismos va disminuyendo. Los valores para la longitud del cordón #7 oscilan dentro del rango de 9.61 mm y 12.13 mm, es decir que estos valores son tanto el mínimo y el máximo real de los datos. Se tiene una dispersión cuantificada en la desviación estándar igual a 0.532, lo que significa que para este proceso la variación no es muy alta.

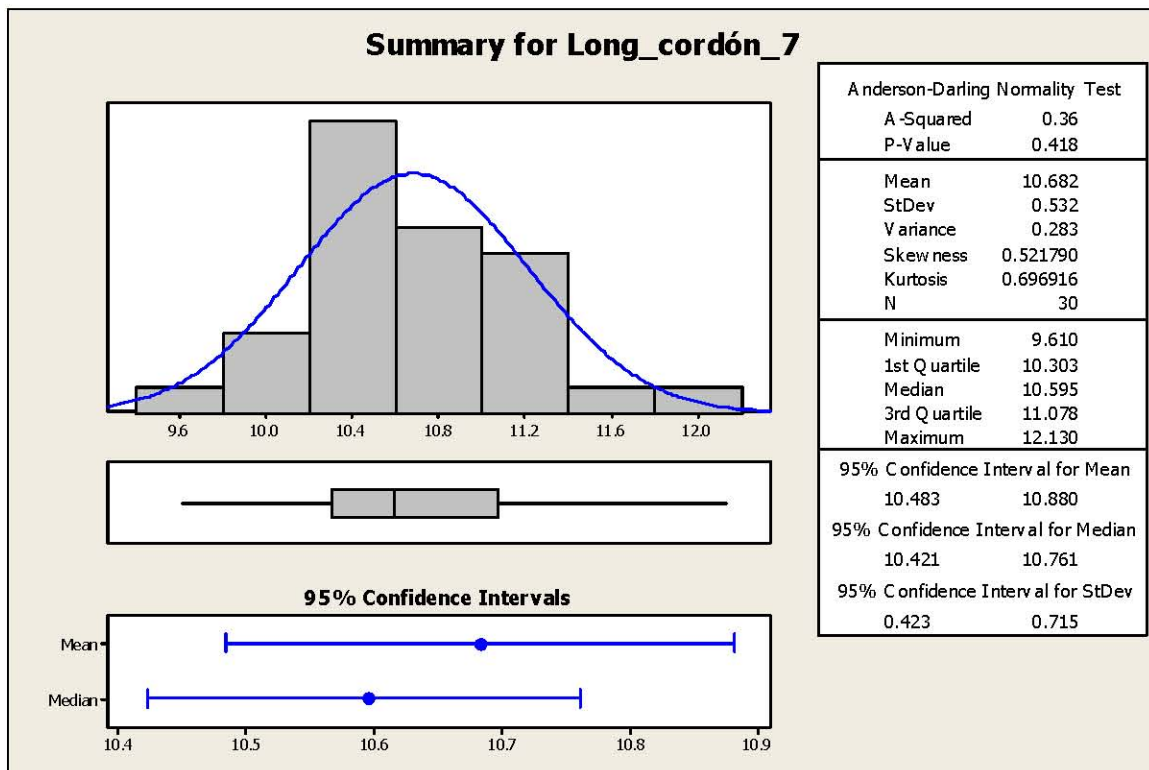


Figura 3.32 Gráfica Summary para la longitud del cordón #7, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La capacidad del proceso se analiza para datos normales y se tiene una gráfica como la que se muestra en la figura 3.33. Existen un total de 101,874.60 PPM para este proceso y a pesar de que es un valor alto, si se compara con la capacidad de proceso de las longitudes de los otros cordones se concluye que la mayoría de los datos se encuentran dentro de especificación y al observar la gráfica de la figura 3.33 se confirma que los datos están dentro de rango aunque sesgados al límite inferior. El Cpk es igual a 0.36, un valor pequeño porque existen cordones que no cumplen con la longitud mínima requerida por el cliente (10 mm). Para este cordón se hace hincapié para cumplir con la longitud mínima requerida por razones de seguridad, y así prevenir cualquier problema potencial.

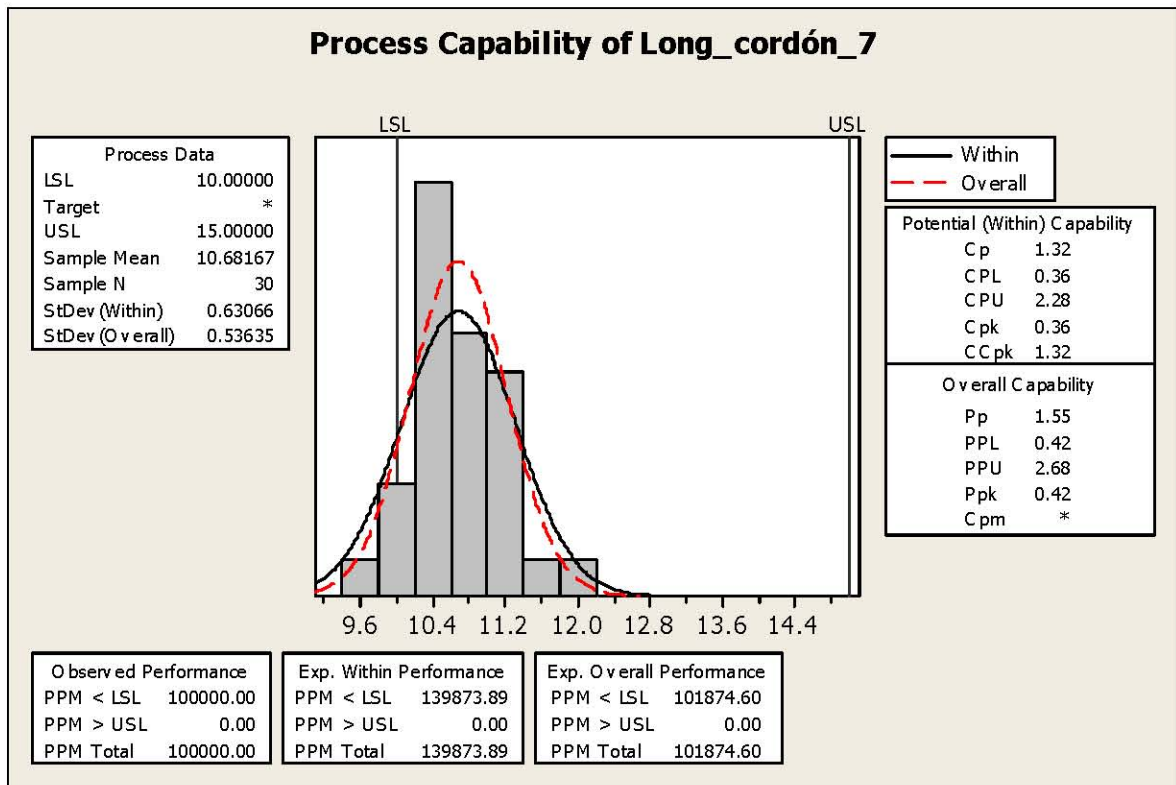


Figura 3.33 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #7.

El comportamiento de los datos para la longitud del cordón #8 no es normal y la gráfica de la figura 3.34 muestra como existen dos grandes concentraciones de lecturas sobre todo en 23 mm y 25.6 mm y esto no es un comportamiento igual a la curva normal en donde los datos se concentran en el centro y a los lados se disminuye la frecuencia de los datos formando en la gráfica la forma de una campana. Se confirma por medio del valor de P-Value el comportamiento no lineal de los datos con un valor de 0.008, el cual está por debajo del 0.05 que es el límite mínimo requerido para determinar si son o no son normales los datos. Se intentó normalizar los datos ampliando la muestra de 30 a 60 lecturas y aún así el comportamiento no fue normal a pesar que este procedimiento (ampliar el tamaño de muestra) si funcionó para normalizar los datos para la longitud del cordón #5.

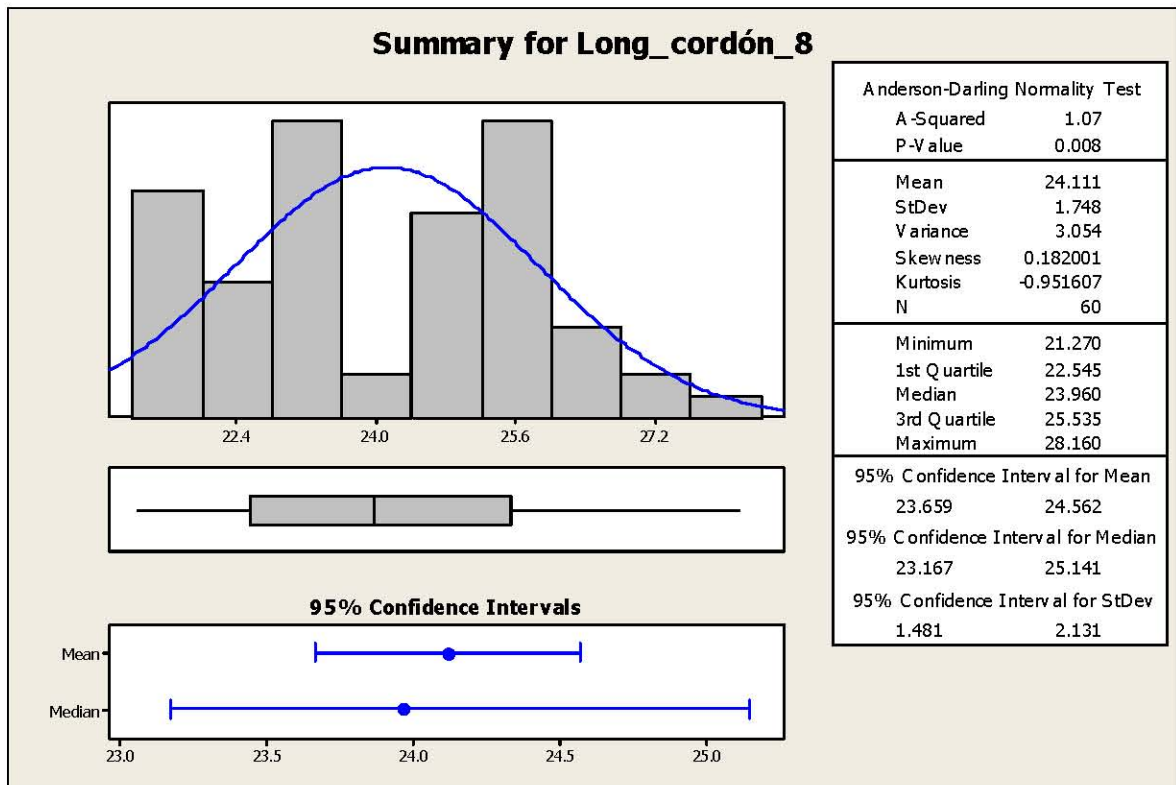


Figura 3.34 Gráfica Summary para la longitud del cordón #8, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

A pesar que no se pueden analizar los datos para este cordón de forma normal, Minitab ® 14 da la opción de obtener la capacidad del proceso para datos no normales, esta opción del programa se utiliza cuando no se puede hacer algo (ampliar la muestra) para normalizar los datos sin interferir en la muestra. El programa hace los cálculos basándose en el modelo de la distribución Weibull, y en el software se debe seguir los siguientes pasos para desplegar la gráfica:

1. Se sigue la siguiente ruta de acceso: *Stat > Quality Tools > Capability > Analysis > Nonnormal...* tal como se indica en la figura 3.35.

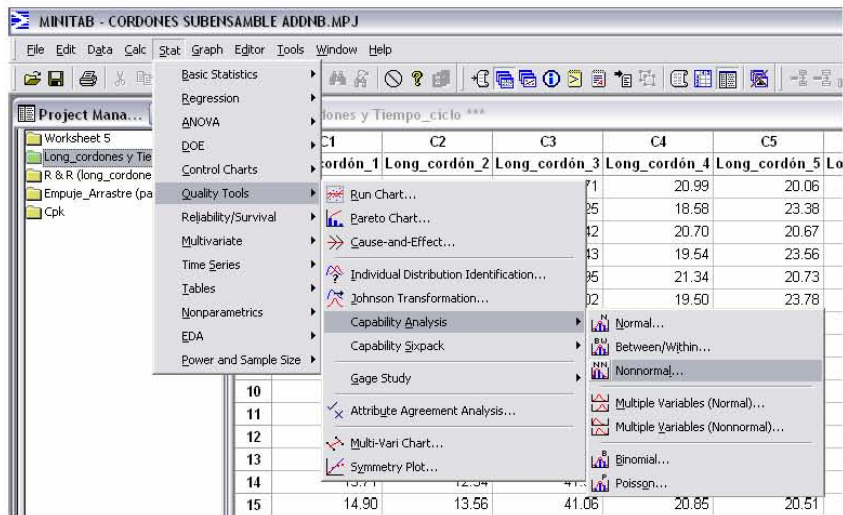


Figura 3.35 Ruta de acceso al Capability Analysis ocupando datos No normales para el cordón #8.

- Una vez abierto el cuadro de diálogo del Capability Analysis (Nonnormal) es necesario completar de esta forma los siguientes campos: en Single Column se pone C8 (Longitud del cordón 8), y se especifica la longitud de cordón sin y con tolerancia en los campos de lower spec y upper spec respectivamente tal como se muestra en la figura 3.36.

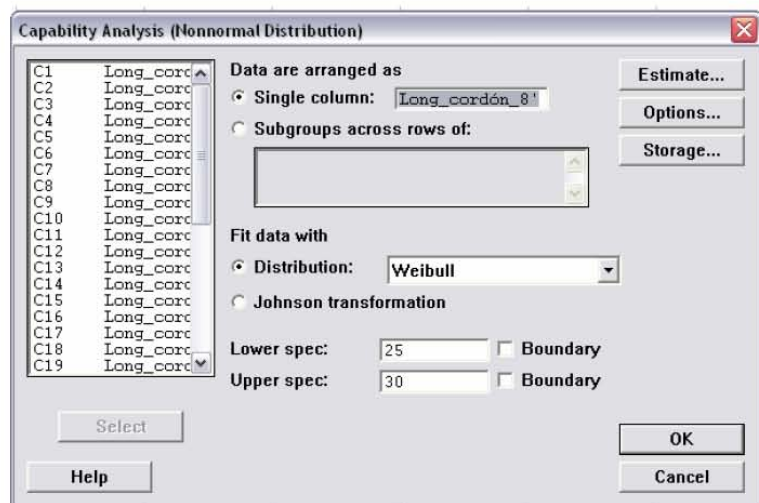


Figura 3.36 Cuadro de diálogo para el Capability Analysis ocupando datos No normales.

Una vez que se le da ok al cuadro de dialogo del Capability Analysis para datos no normales el programa nos despliega una gráfica como la que se muestra en la figura 3.37:

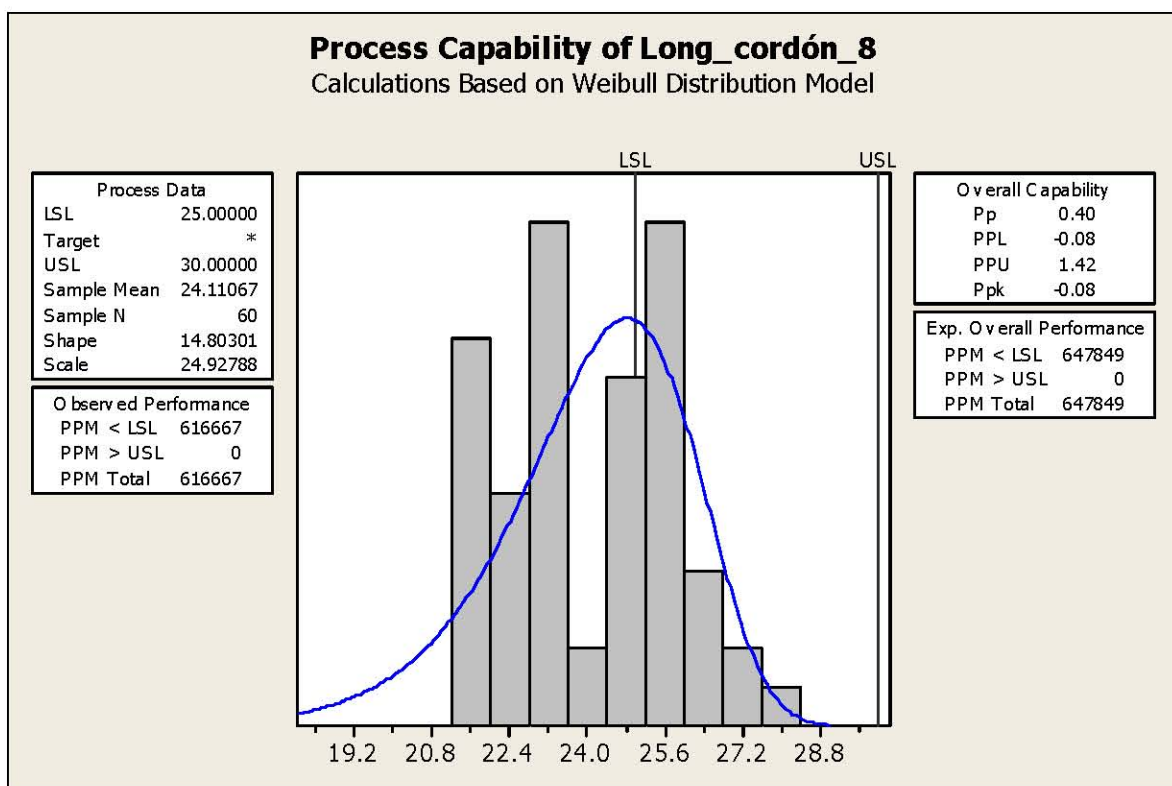


Figura 3.37 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #8.

La gráfica señala que los cálculos se hicieron en base al modelo de la distribución de Weibull y por tanto hay algunas modificaciones respecto a las gráficas mostradas para los siete cordones anteriores. Se observa que la longitud del cordón #8 está en algunas ocasiones por debajo del límite inferior que son 25 mm y por tanto la gráfica se encuentra desplazada a la izquierda del rango, por lo cual hay un total de 647, 849 PPM. Las gráficas que se calculan para datos no normales no despliegan el valor del Cpk por lo cual se ocupa el indicar del total de PPM y para este cordón se está alejado del objetivo aún con tolerancia.

Para el análisis de la capacidad del proceso de la longitud del cordón #9 se procede primero a averiguar si son o no son normales los datos y se obtiene la gráfica de la figura 3.38 para este fin.

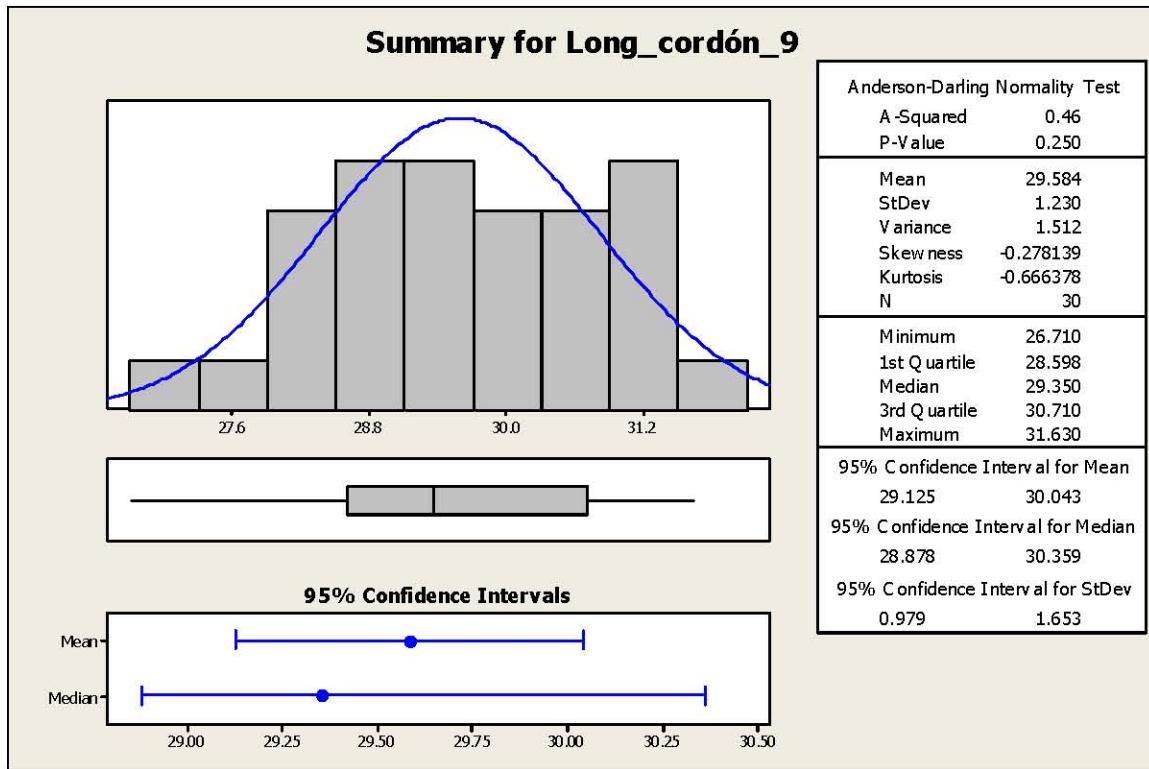


Figura 3.38 Gráfica Summary para la longitud del cordón #9, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

En la figura 3.38 se muestra una gráfica con un comportamiento normal de los datos, a pesar que aparentemente la mayor frecuencia no se encuentra en la media de la gráfica (29.58 mm) pero el valor de P-Value es de 0.250 cumpliendo con el requisito de ser mayor a 0.05. Para este cordón el rango debe ser entre 25 y 30 mm y se tiene como valores mínimo y máximo 26.71 mm y 31.63 mm respectivamente.

Para analizar como se encuentra la capacidad del proceso para la longitud del cordón #9 se observa la gráfica de la figura 3.39. Dicha gráfica muestra que los datos están desplazados a la derecha y algunos por encima del límite superior (30 mm), además falta un poco de

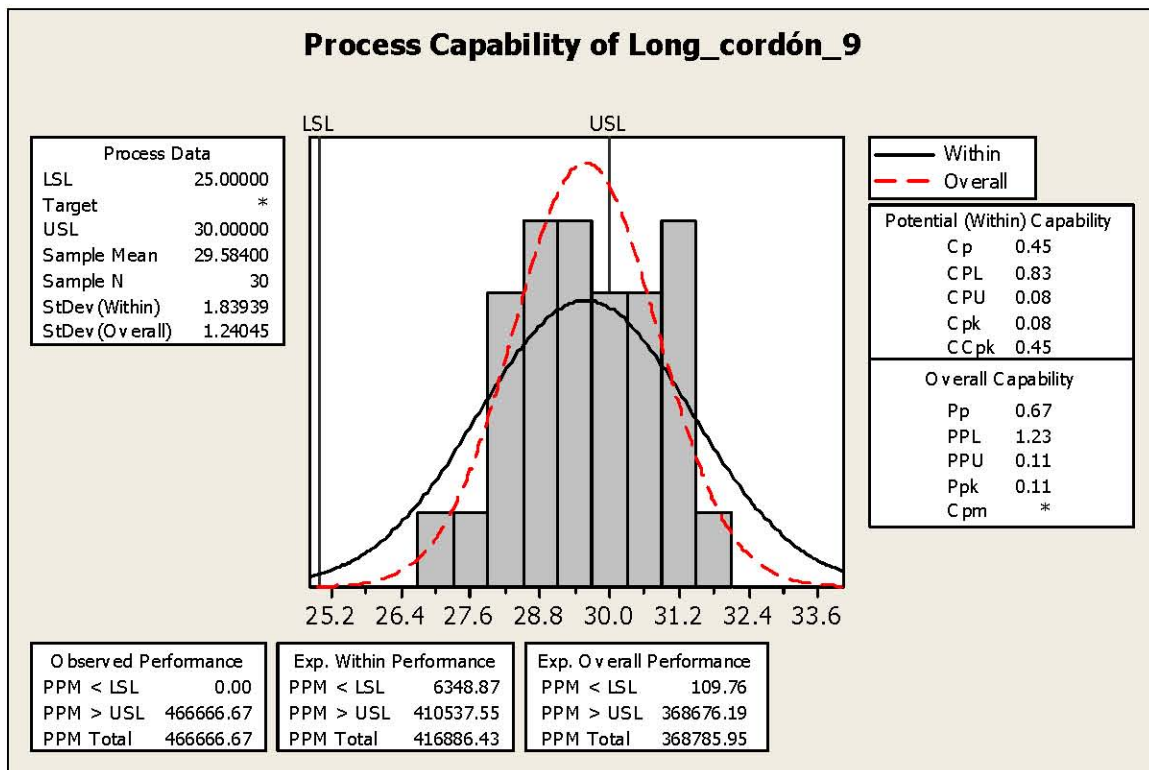


Figura 3.39 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #9.

control en el proceso para disminuir la variación y después centrarlo dentro de especificación. El indicador Cpk es de 0.08 y existen un total de 368, 785.95 PPM, lo cual deja mucho que desear en el desempeño del proceso y por tanto hay oportunidad de ahorrar micro-alambre en este cordón evitando el sobre-proceso y controlando la dispersión.

La longitud del décimo cordón del sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6 se infiere con la lectura de 30 datos y se observa en la gráfica de la figura 3.40 que su comportamiento no es normal y esto se debe a que existen puntos aberrantes (representados con asteriscos debajo de los números 15, 17 y 21) que afectan la distribución de la gráfica. Se confirma la no normalidad de los datos con el valor de P-Value que es de tan solo 0.005 menor que el valor límite de 0.05, se puede adelantar que los cordones que unen las

cápsulas con las patas son los que presentan mayor variación a pesar que sus longitudes son pequeñas (<20 mm) por darle un atributo.

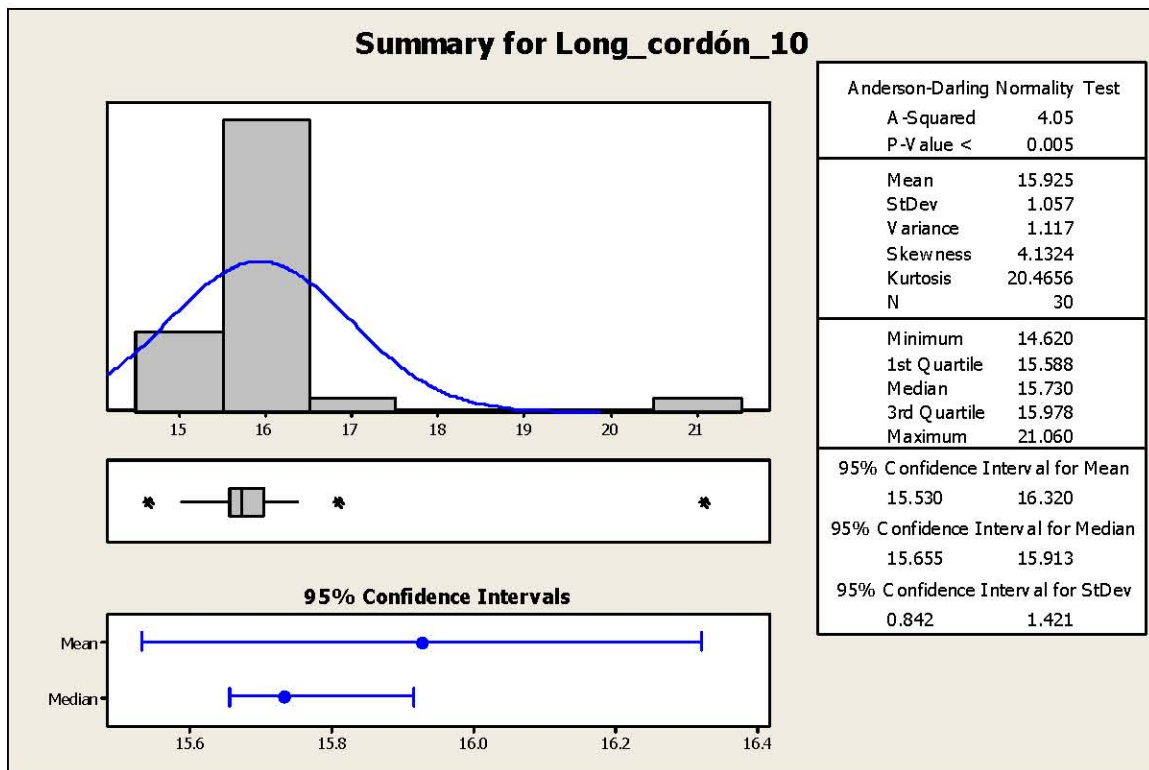


Figura 3.40 Gráfica Summary para la longitud del cordón #10, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

al ser una distribución no normal los datos se analizan para la capacidad del proceso con la opción “nonnormal” que da Minitab ® 14 y este programa despliega una gráfica como la que se presenta en la figura 3.41.

La capacidad del proceso para la longitud del cordón #10 se encuentra con un desempeño pobre, pues se ve afectado por datos aberrantes que se encuentran por encima de la especificación del límite superior y otros por debajo de 15 mm que es el límite inferior. Es claro que los datos que están por encima del límite inferior son el producto de una variable que afecta la normalidad del comportamiento y por tanto hay un total de 326,333 PPM que es un valor alto a pesar que gran parte de los datos se encuentran dentro de especificación.

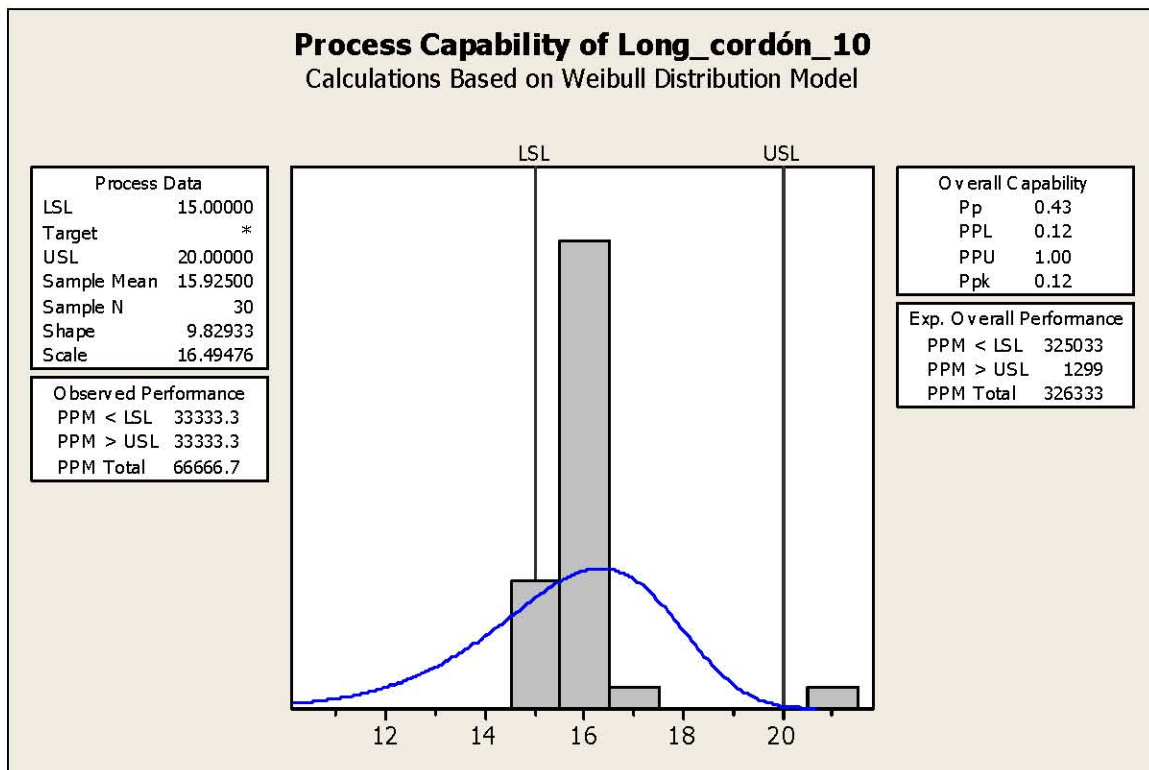


Figura 3.41 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #10.

Si no se tomaran en cuenta los datos aberrantes en la gráfica de la figura 3.41 se nota que existe poca variación en el proceso, es decir que si se controla la variable que produce los datos aberrantes se logrará tener un comportamiento lo suficientemente controlado para tener una variación muy pequeña y solo bastaría con centrar un poco la media de la longitud de este cordón para alcanzar el objetivo para este proceso.

El comportamiento de los datos para inferir sobre la longitud del cordón #11 es de forma bimodal por tanto su comportamiento no es normal como se observa en la gráfica de la figura 3.42 y el valor de P-Value de menor a 0.005, además tiene una dispersión alta y la desviación estándar es de 2.584. El rango en los que oscilan los datos va desde 14.14 hasta 20.76 mm y para este cordón la especificación es de 15 a 20 mm por tanto algunas longitudes están por debajo del límite inferior.

Obteniendo la gráfica para la capacidad del proceso para datos no normales de la longitud

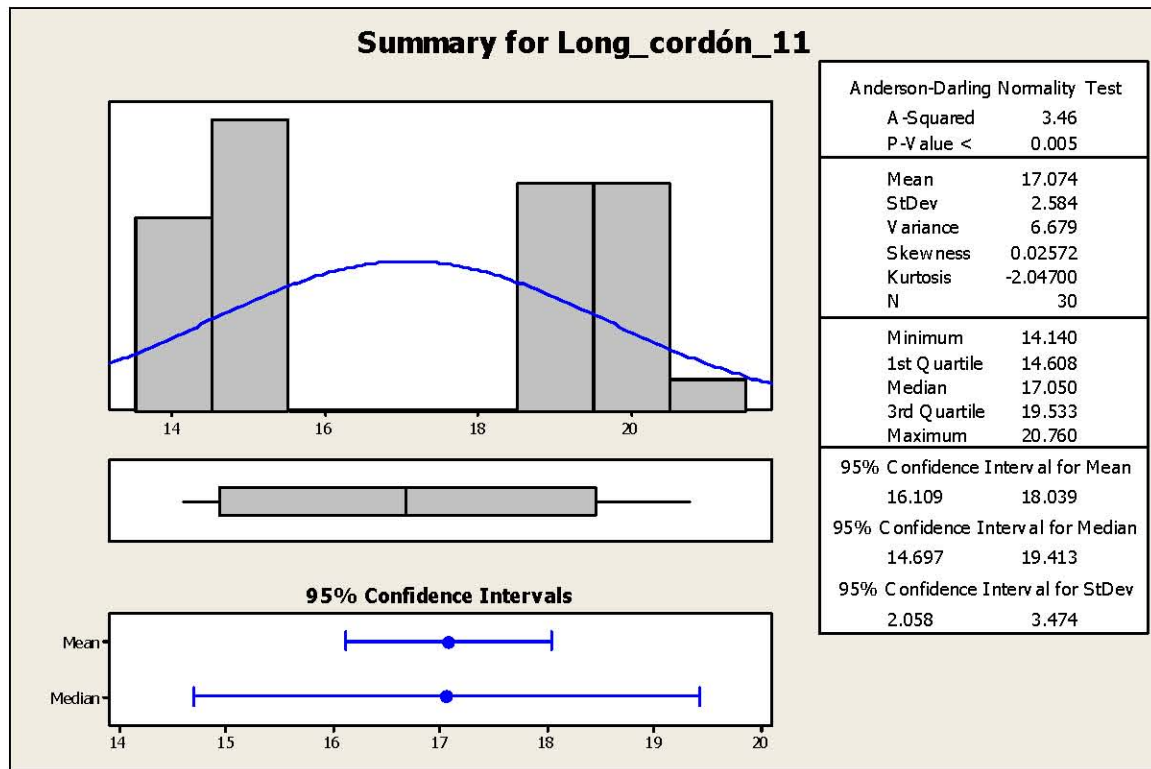


Figura 3.42 Gráfica Summary para la longitud del cordón #11, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

del cordón #11 se tiene un comportamiento bimodal sobre el límite inferior y el límite superior, por tanto la gran mayoría de los datos no están centrados en el rango deseado y se tiene un total de 315, 387 PPM. La gráfica de la figura 3.43 muestra que la media es de 17.07 y los valores buscados son entre 15 y 20 mm y como se reflejó en el total de PPM el valor es alto y en este cordón se debe de cuidar por seguridad que se cumpla con el valor del límite inferior y para evitar un sobre-proceso centrar los valores mayores al límite superior.

La longitud del cordón #12 tiene una distribución normal y el valor de P-Value es de 0.272 como se muestra en la gráfica de la figura 3.44. La especificación para este cordón es

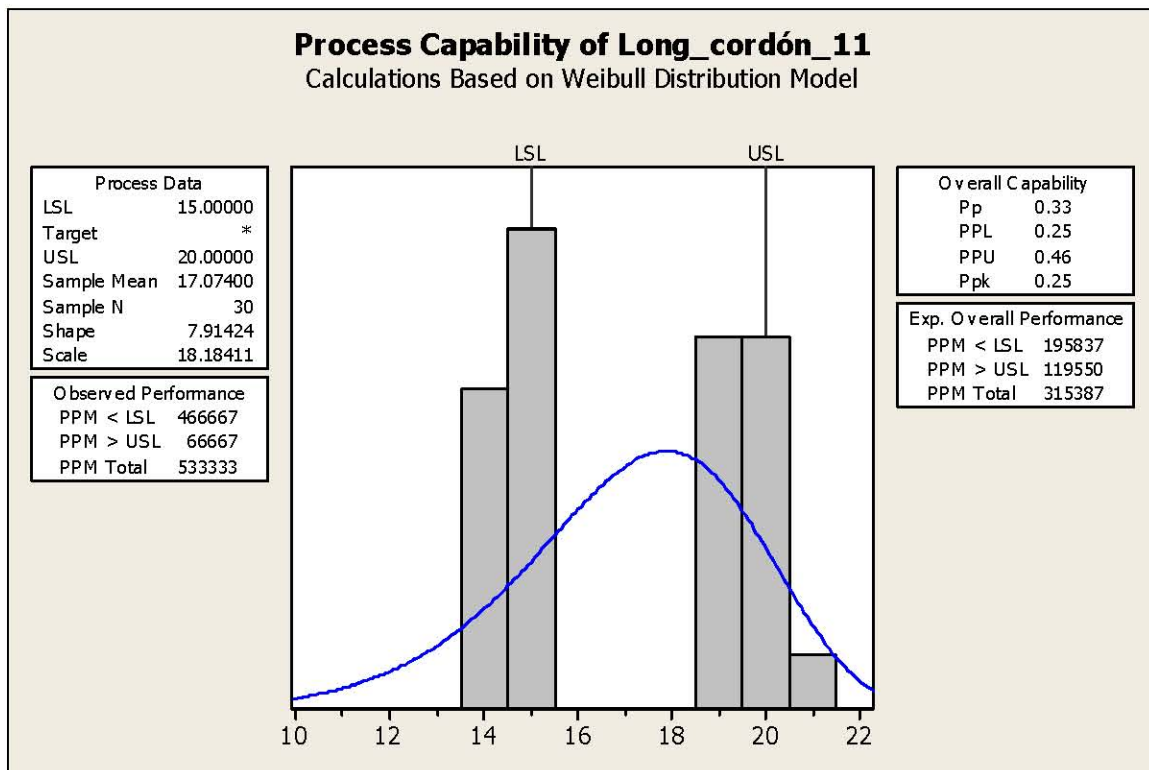


Figura 3.43 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #11.

de 15 mm con una tolerancia de 5 mm y la media es de 20.82 mm, por tanto de manera anticipada se deduce que existe un sobre-proceso. El valor mínimo real es de 19.53 mm y el máximo es de 22.22 mm y por tanto la desviación estándar es pequeña, de hecho es menor a 1 con un valor exacto de 0.849. Prácticamente no existe sesgo en la gráfica y la mayoría de los datos se encuentran al centro de la curva y así es posible analizar la capacidad del proceso en base a la distribución normal.

Al momento de analizar la capacidad del proceso para la longitud del cordón #12, se observa en la figura 3.45 que los datos se encuentran desplazados a la derecha del límite superior provocando un sobre-proceso de aproximadamente 33% del objetivo respecto a la media real. El control para la longitud del cordón #12 es bueno aunque se puede mejorar, la prioridad en este caso es centrar los datos al objetivo y así se ahorrará micro-alambre de

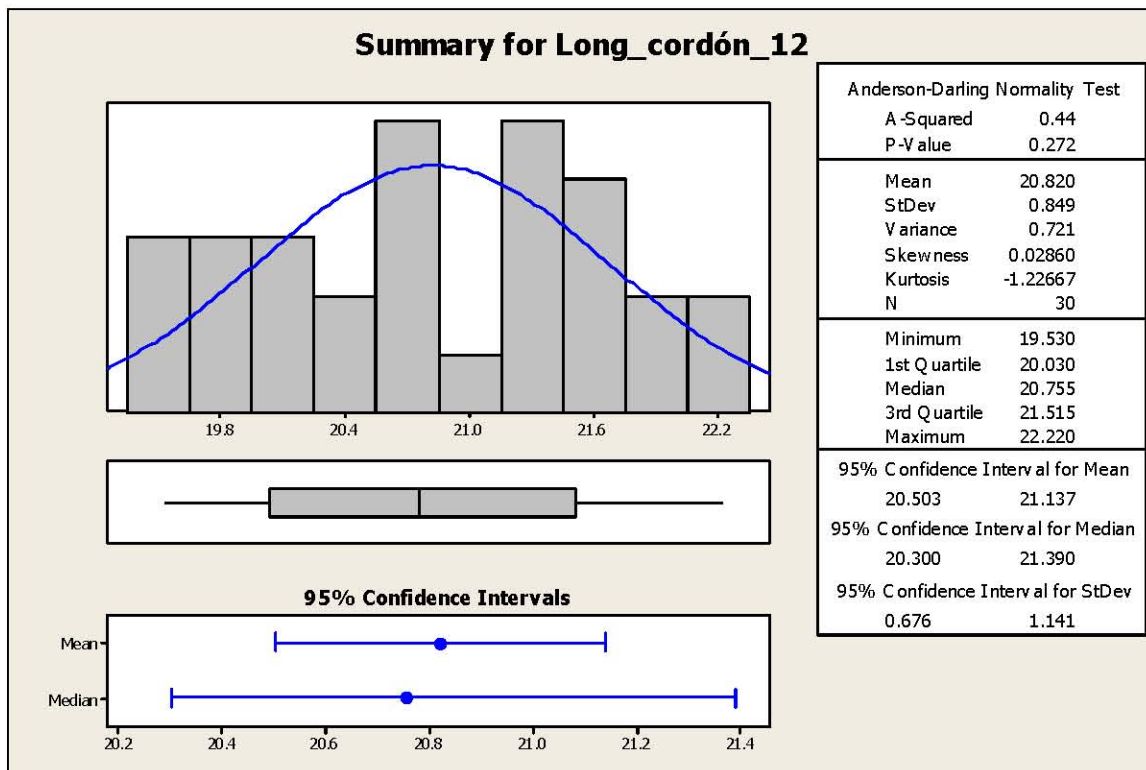


Figura 3.44 Gráfica Summary para la longitud del cordón #12, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

soldadura al momento de aportar dicho material. Al encontrarse la gran mayoría de los datos fuera de rango (15-20 mm) el indicador Cpk se ve afectado y se tiene un valor negativo igual a -0.30 y por tanto existen un total de 830, 984.96 PPM.

La longitud del cordón #13 tiene una especificación igual a 20 mm y una tolerancia positiva de 5 mm y para inferir sobre dicho cordón se toman 30 lecturas y el comportamiento de estos datos se muestra en la gráfica de la figura 3.46. Dicha gráfica muestra que la distribución de los datos es normal a pesar que gráficamente no parece, pero el valor de P-Value igual 0.237 afirma que si son normales los datos. El valor mínimo de la muestra es de 19.13 mm y el máximo es de 21.45 mm, es decir que la dispersión pequeña y esta afirmación se confirma con una valor de 0.41 para la varianza y la desviación estándar es de tan solo 0.64. Los datos se encuentran sesgados a la izquierda y provocan que la curva

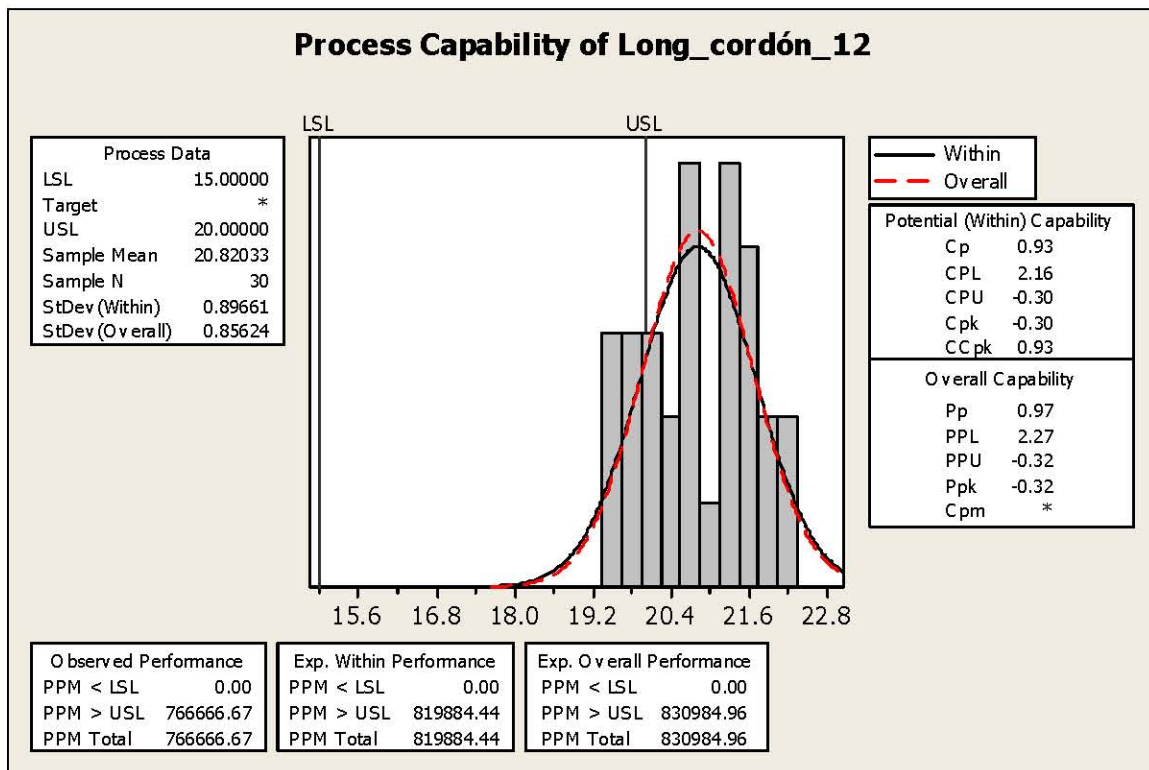


Figura 3.45 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #12.

tenga un bigote o menor frecuencia de los datos del lado derecho de la curva. Hay algunos datos que se encuentran por debajo de 19.5 mm y tienen la misma frecuencia que los que se encuentran a 20 mm por lo que será prioridad desplazarlo al límite inferior y así mejorar el desempeño de la longitud de este cordón.

Al analizar la capacidad del proceso para la longitud del cordón #13 se observa en la gráfica de la figura 3.47 que el proceso se encuentra desplazado a la izquierda del límite inferior de la especificación. La dispersión para este cordón es controlada pero aún existen datos que tienen mayor frecuencia a los lados de la curva y se procurará disminuir el rango real para tener un mejor control y después centrar la curva a la derecha para que esta se encuentre dentro de objetivo. El Cp es un indicador que muestra el desempeño del proceso al momento de ser analizado sin tomar en cuenta el efecto del tiempo a largo plazo, para

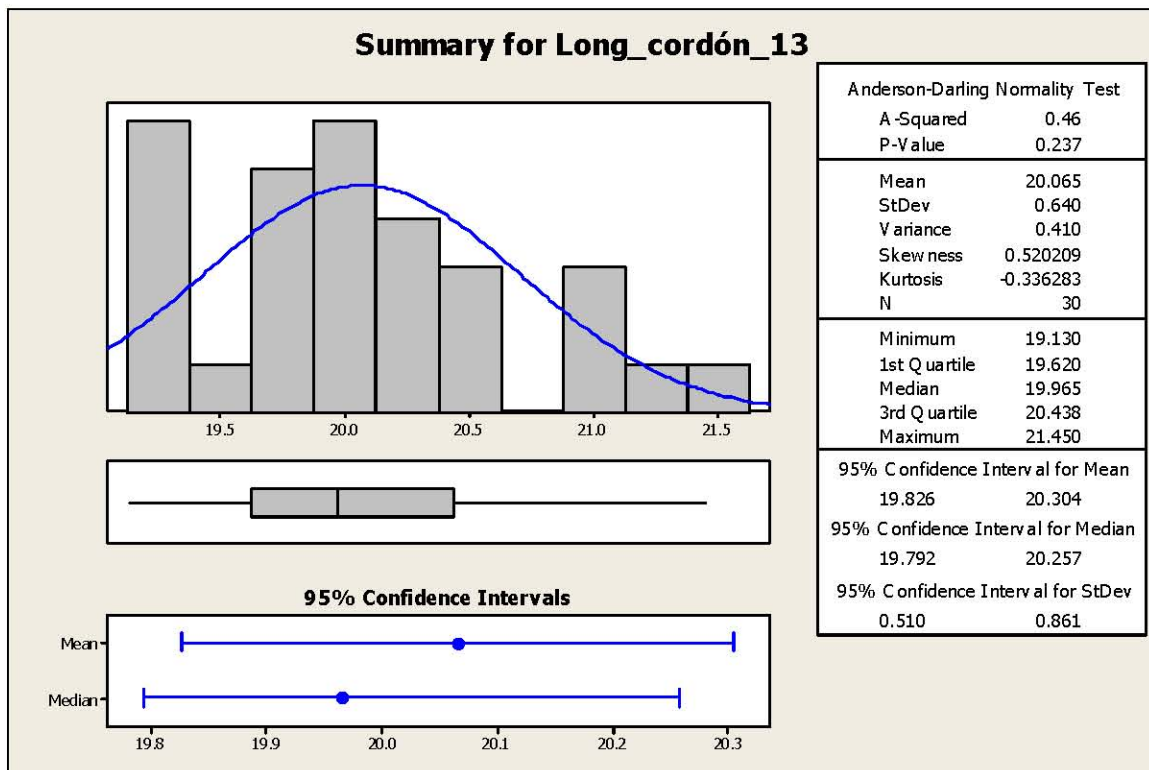


Figura 3.46 Gráfica Summary para la longitud del cordón #13, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

este cordón el valor de Cp es igual a 1.07, que indica un buen desempeño pero al momento de compararlo con el Cpk el valor de este es de tan solo 0.03, que significa que el desempeño del proceso perderá eficiencia a través del tiempo. Para este cordón existen un total de 459,720.92 PPM que hacen alusión a los cordones que no cumplen con la longitud mínima requerida por el cliente y por tanto no cumplen con el criterio de seguridad solicitado.

La longitud del cordón #14 según el cliente debe tener un mínimo de 40 mm y como máximo 45 mm, en este cordón la aplicación de la soldadura es siguiendo la geometría del tubo-riel por lo que se trata de un cordón radial. De acuerdo a la gráfica de la figura 3.48 la distribución de los datos tomados para la longitud del cordón #14 no es normal respecto al valor de P-value, pues es de tan solo 0.010 y se requiere un valor superior a 0.05. La

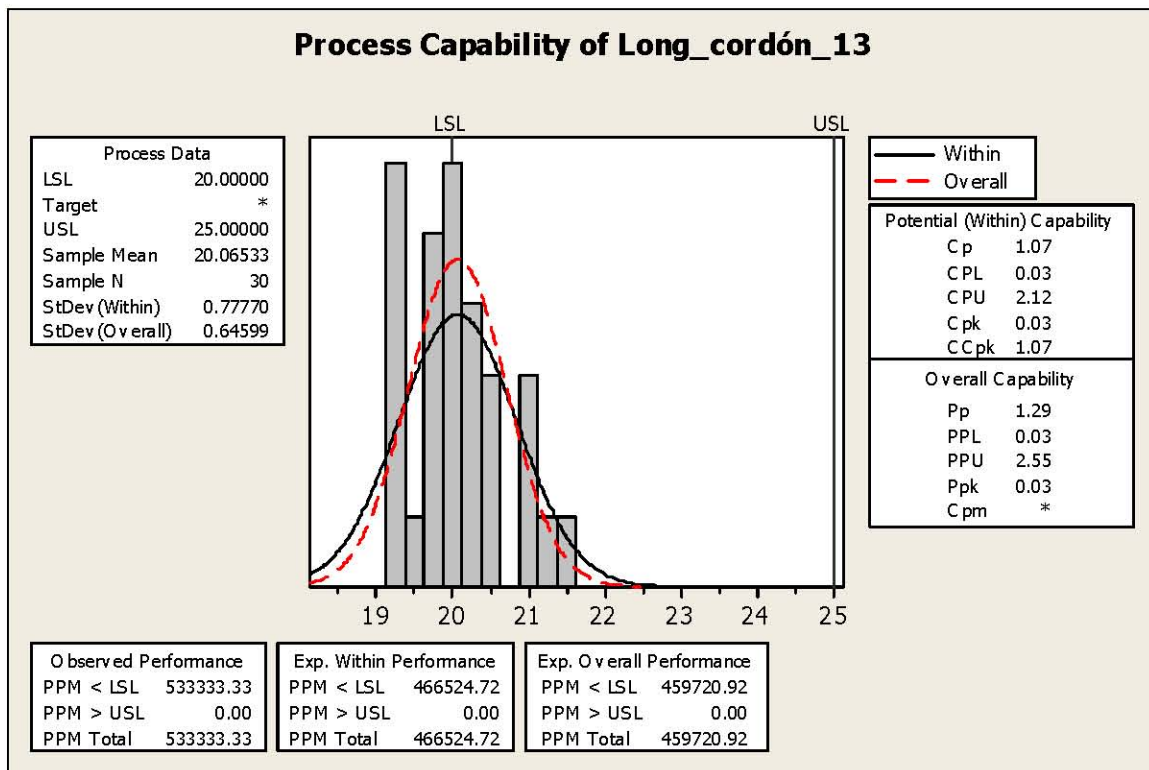


Figura 3.47 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #13.

distribución de los datos está sesgada a la izquierda de la gráfica y a primera vista podría afirmarse que la distribución se comporta de forma normal y es hasta saber valor del “P-value” que se descarta esta afirmación. El valor mínimo real de los datos es de 41 mm y el máximo es de 46 mm, lo que significa que existe un rango de 5 mm igual a la tolerancia permitida por el cliente, pero el proceso se encuentra sesgado a la derecha del objetivo por tan solo 1 mm y es ahí donde se encuentra el área de oportunidad para este proceso. Los cordones con longitudes mayores a 30 mm -como es el caso del cordón #14- aparentemente son los indicados para hacer énfasis en el ahorro de consumo de micro-alambre, pues al momento de aplicar la soldadura existe un mayor consumo de recursos.

El análisis de la capacidad del proceso se hace para datos no normales y el programa despliega una gráfica como la que se muestra en la figura 3.49, donde se observa que son

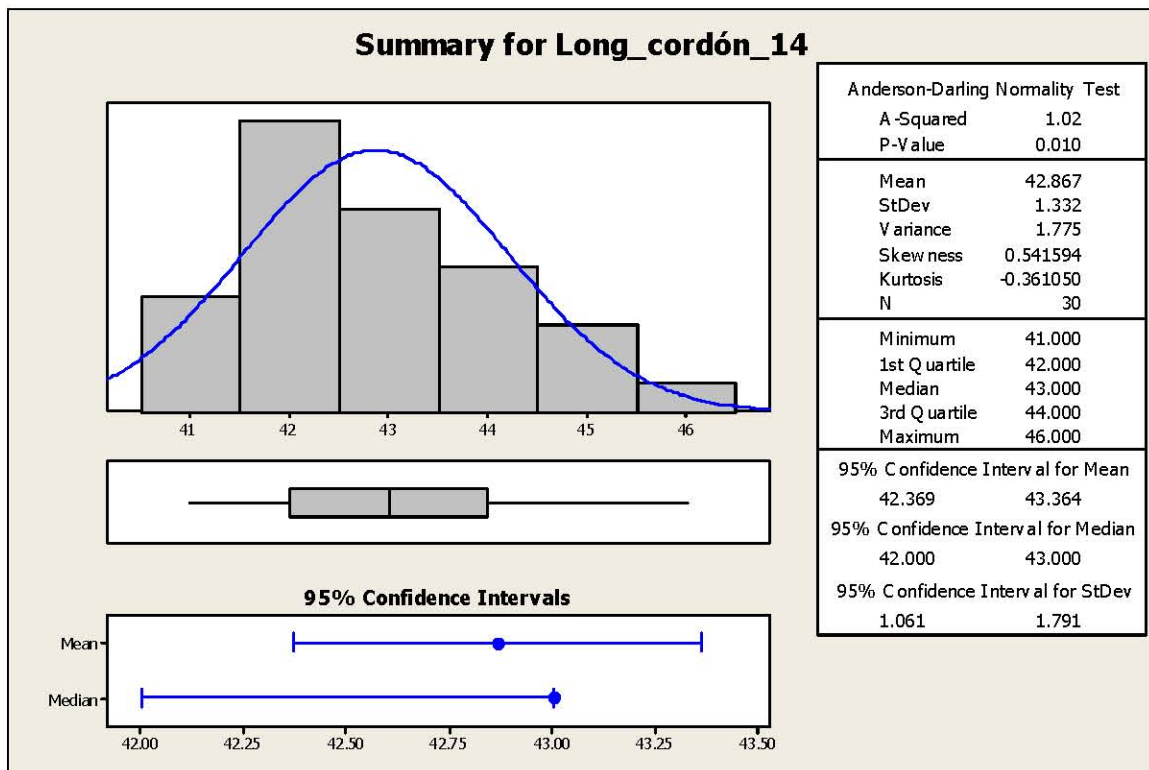


Figura 3.48 Gráfica Summary para la longitud del cordón #14, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

pocos los datos que se encuentran por encima del límite superior y esto se refleja en un total de 122, 700 PPM. Hasta ahora los cordones con menor número total de PPM son los cordones número 2, 7, 1, 14, por tanto el desempeño del proceso respecto a la longitud del cordón #14 se encuentra en cuarto lugar de los 14 cordones analizados hasta este momento. Cabe resaltar que los otros 3 cordones mencionados tienen un comportamiento normal de sus datos y el cordón #14 es el único que no presente dicho comportamiento y es por eso que no se pudo obtener el indicador Cpk, que reafirma el mejor desempeño de estos cordones respecto a los otros 10 analizados.

La longitud del cordón #15 es igual a la del cordón #14 y ambos cordones son aplicados alrededor del tubo-riel por lo que son de tipo radial. A pesar que estos 2 cordones tienen las mismas especificaciones solicitadas por el cliente la recolección y análisis de los datos

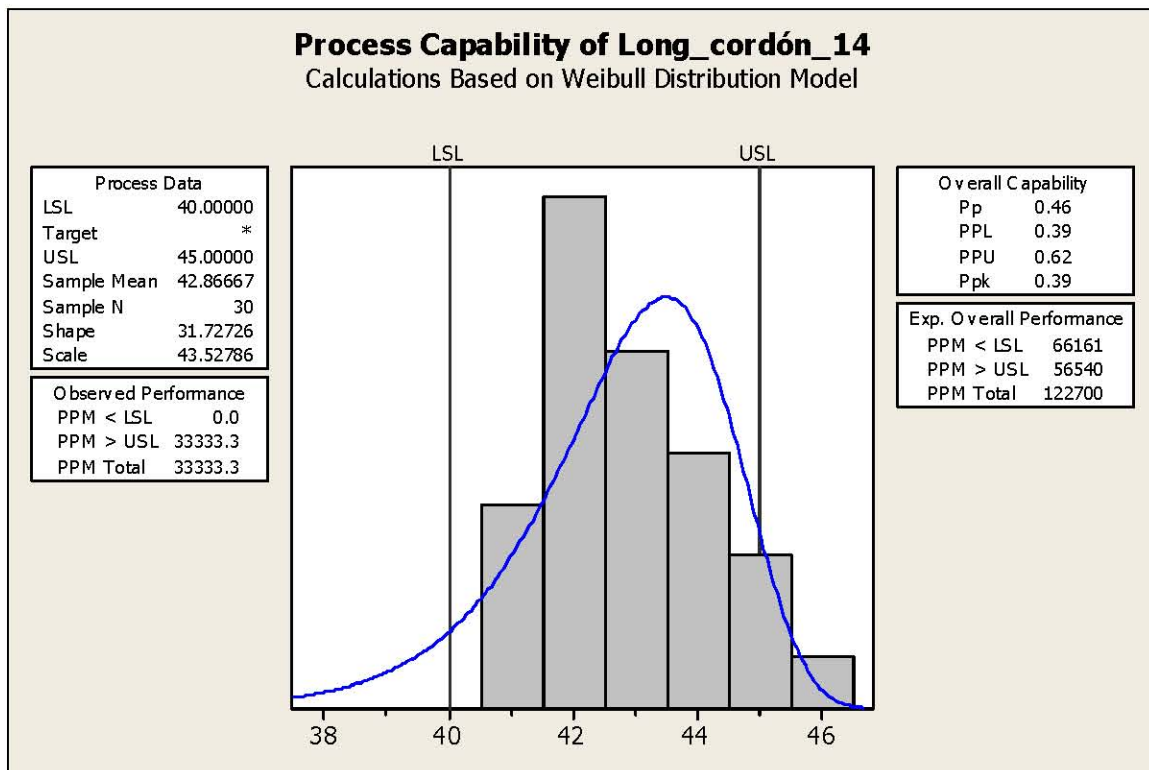


Figura 3.49 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #14.

demuestran que su comportamiento no es igual, ni tampoco su distribución. De acuerdo a la gráfica de la figura 3.50 los datos de la longitud del cordón #15 se distribuyen de forma normal, aunque el valor de P-Value es de tan solo 0.060 se logra superar el mínimo requerido que es de 0.05. Es curioso ver que en realidad tanto el cordón #15 como el #14 tienen el mismo rango de 5 mm coincidiendo con la tolerancia permitida, aunque el desempeño del proceso para la longitud del cordón #15 es inferior pues se encuentra desfasado del objetivo por 3 mm, es decir 2mm más que la longitud del cordón #14. La ventaja del cordón #15 respecto al #14 es la normalidad de los datos del primero, ya que siempre se busca obtener datos normales por la simplicidad en los cálculos ocupando la curva normal y por ser una distribución ideal por naturaleza, donde no existe sesgo positivo ni negativo.

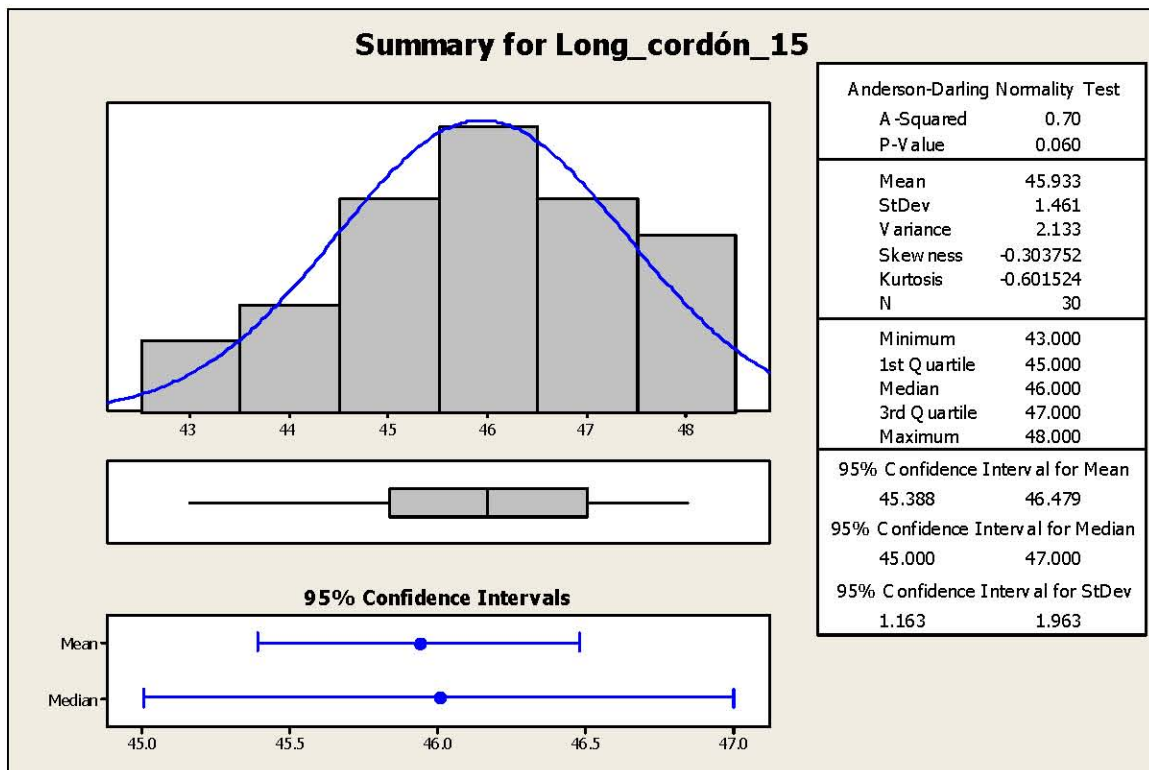


Figura 3.50 Gráfica Summary para la longitud del cordón #15, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

De acuerdo a la gráfica de la figura 3.51 se pudo hacer el análisis de capacidad del proceso para la longitud del cordón #15, donde algunos datos se encuentran por encima del límite superior que es de 45 mm. De acuerdo a la gráfica los datos aún pueden reducir la variación y después centrarlos al objetivo y así evitar un total de 736, 833 PPM que existen actualmente. El indicador Cpk tiene un valor negativo igual a -0.20 que reafirma el bajo desempeño del proceso a través del tiempo de la longitud del cordón #15.

La recolección de datos para la longitud del cordón #16 fue de una muestra inicial de 30 lecturas y al momento de identificar que los datos no se distribuían de manera normal, se optó por ampliar la muestra y aún así la distribución siguió siendo no normal. Por tanto la muestra queda de 47 lecturas y a pesar de esto el valor de P-Value fue de tan solo 0.033, en la gráfica de la figura 3.52 se nota la irregularidad de los datos, con una media de 53.27 mm

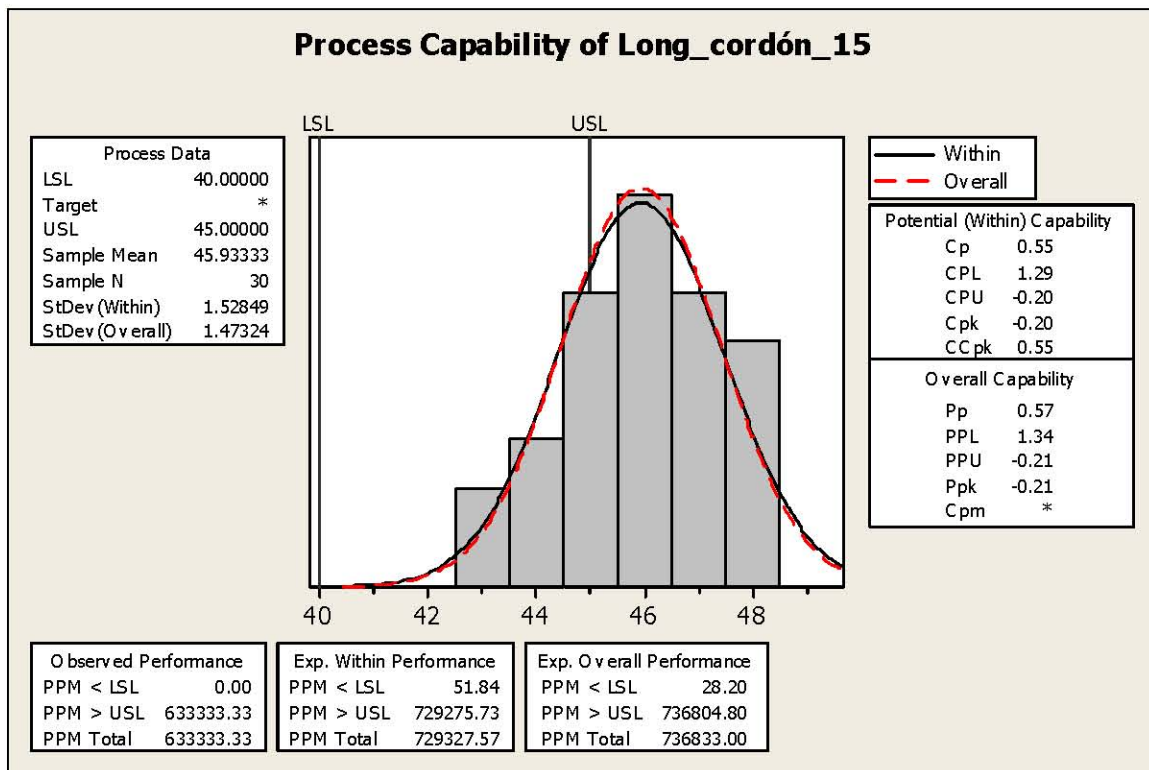


Figura 3.51 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #15.

y un valor mínimo real de 50.83 mm y un valor máximo de 56.18 mm.

Al momento de identificar que los datos de la longitud del cordón #16 no se comporta en base a la curva normal, se procede a ocupar una gráfica para analizar la capacidad del proceso utilizando datos no normales. La gráfica de la figura 3.53 muestra que los datos se encuentran desplazados a la izquierda del rango, es decir que se tienen valores inferiores al límite de 55 mm. Para el cordón #16 es importante evitar la variación que provoca la no normalidad de las longitudes y tener menor variación para después poder centrarlos al objetivo de 55 a 60 mm que solicita el cliente. Existen un total de 777,361 PPM resultado del bajo desempeño del proceso y del sesgo que tiende al límite inferior, provocando una advertencia en el ámbito de seguridad para este cordón.

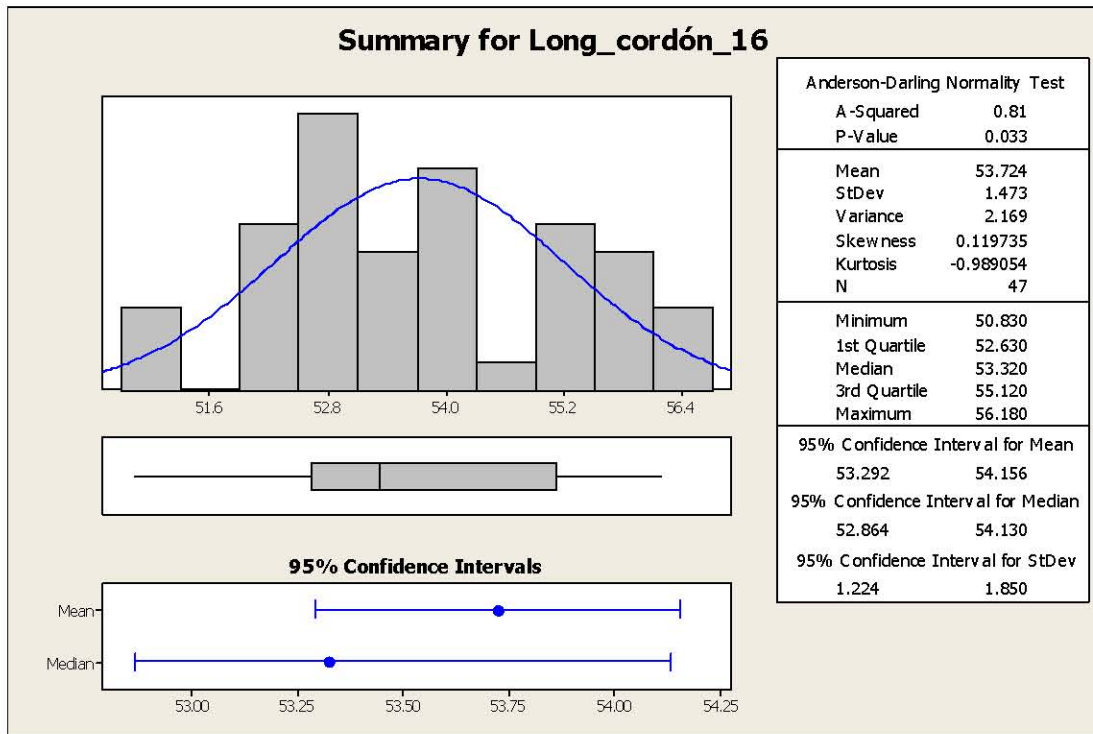


Figura 3.52 Gráfica Summary para la longitud del cordón #16, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

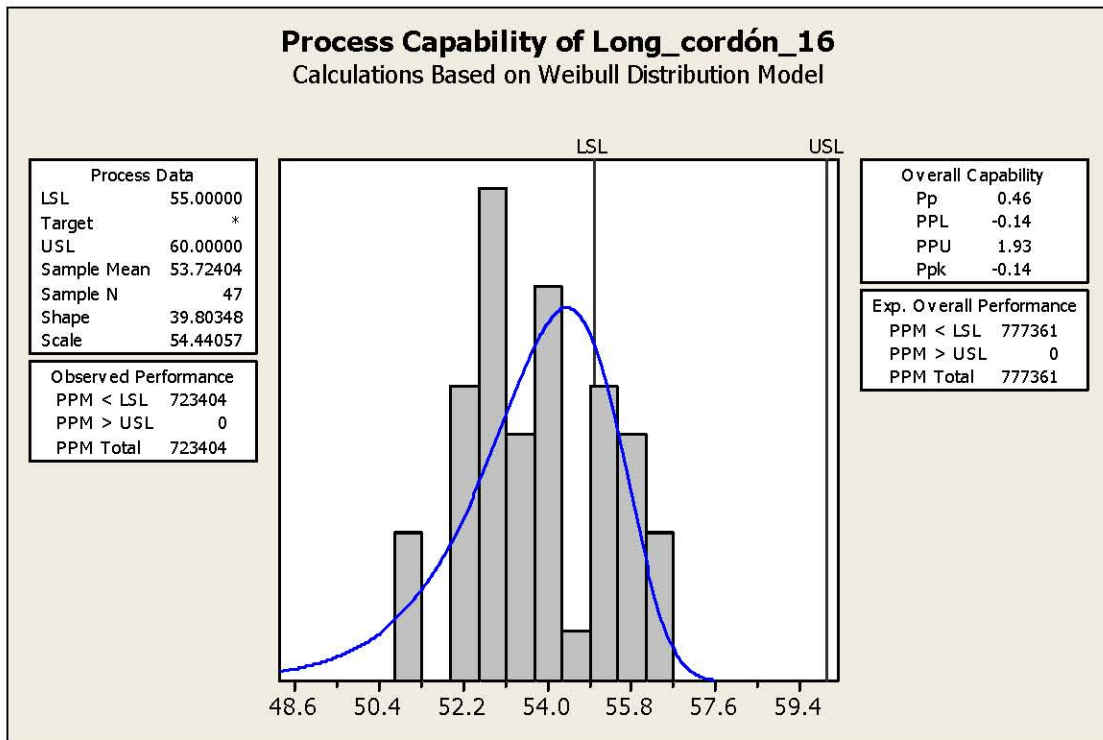


Figura 3.53 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #16.

Las especificaciones para el cordón #17 son 10 mm como límite inferior, con una tolerancia positiva de 5 mm. La recolección de datos se hizo con una muestra de 30 lecturas y se obtuvo que los datos se comportan de manera normal con un valor de P-value igual a 0.479, a pesar que la media es de 11.338 y la mayor frecuencia de los datos no radica ahí, la distribución es lo bastante amplia para permitir una forma aproximada a la de la curva normal. De acuerdo a la gráfica de la figura 3.54 el valor mínimo real es de 10.2 mm y como máximo es de 12.32 mm, dando un rango de apenas 2.3 mm que se refleja en el pequeño valor de la desviación estándar que es de 0.579. En este cordón se observa que la variación puede ser pequeña y presentarse aún sin implementar ninguna mejora, por lo que se estudiará la tolerancia proporcionada por el cliente más adelante como una prueba de hipótesis.

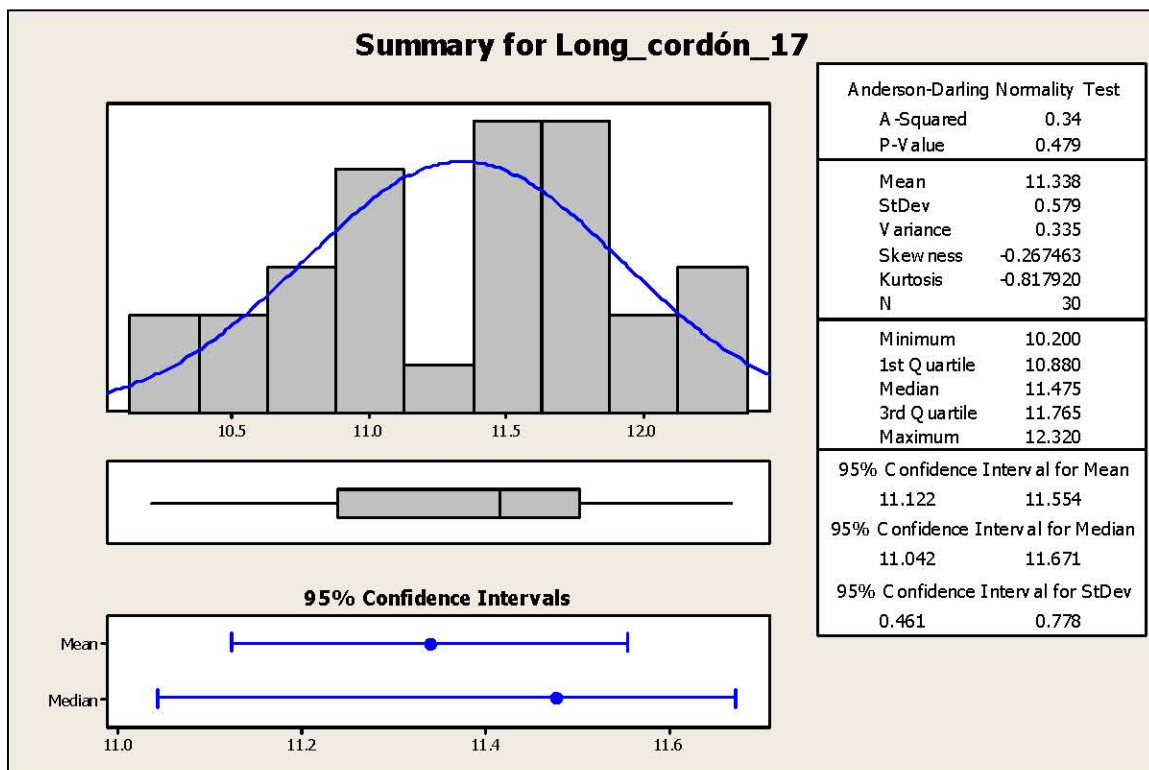


Figura 3.54 Gráfica Summary para la longitud del cordón #17, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

De acuerdo a la figura 3.55 la capacidad del proceso para la longitud del cordón #17 se encuentra dentro del rango de 10 a 15 mm, pero aún la mayor concentración de los datos no se encuentra al centro de la curva por lo que provoca errores potenciales a través del tiempo, pues significa que el control de la variación aún no está al 100% de su capacidad. El indicador Cp tiene un valor igual a 1.10 que refleja el buen desempeño actual del proceso, pero de acuerdo a lo que se mencionó en líneas anteriores aún falta estabilizar los datos para que el tiempo no se convierta en una variable a considerar y es el indicar Cpk con un valor de 0.59 que afirma que el desempeño del proceso disminuirá a través del tiempo.

Existen un total de 10, 963.22 PPM que de acuerdo al número de PPM por cordones analizados, el cordón #17 se encuentra en segundo lugar respecto al buen desempeño del proceso cuantificado en PPM totales.

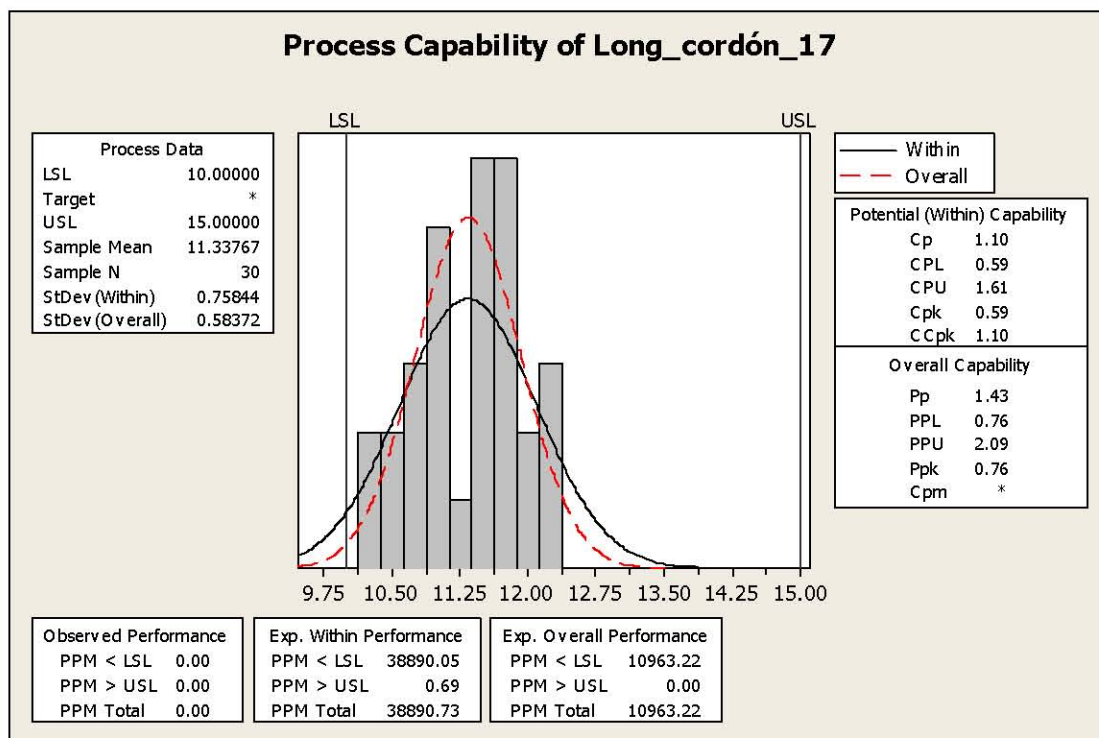


Figura 3.55 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #17.

El comportamiento de los datos recolectados para la longitud del cordón #18 no es normal, principalmente porque en la gráfica de la figura 3.56 hay un comportamiento bi-modal que se ubica tanto en 10.5 mm y 14.5 mm, por lo que no se distribuye de forma normal al no presentarse la mayor frecuencia de los datos en la media de 12.48 mm. Esta afirmación se comprueba con el valor de P-value que es inferior a 0.005, un valor realmente pequeño y no hay duda de la no normalidad de los datos tanto gráficamente como indicada por el valor de P-Value. El cordón #18 es uno de los cordones con una longitud de 10 mm y un límite superior igual a 15 mm, y con un valor mínimo real de 10.06 mm y uno máximo de 15.06 mm, es decir tiene un rango de 5 mm pero a pesar que coincide con la tolerancia especificada por el cliente existe gran variación en los datos y por tanto un bajo desempeño en el control de la longitud de este cordón y esto se comprueba con el valor de la desviación estándar que es igual a 2.021.

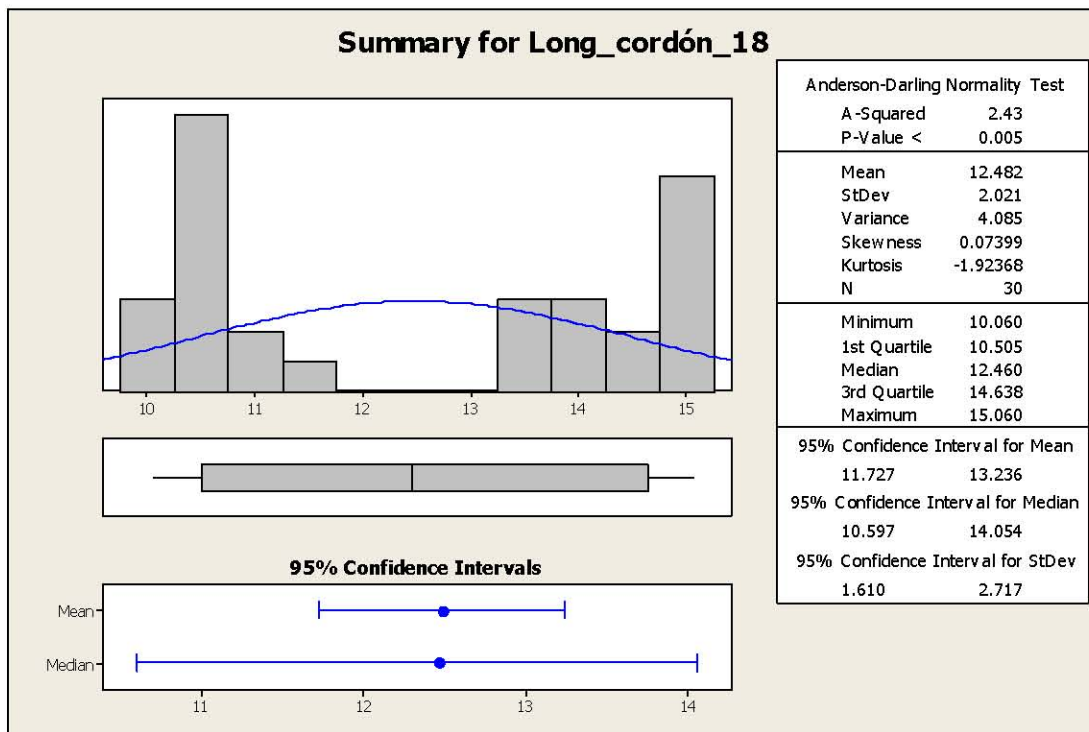


Figura 3.56 Gráfica Summary para la longitud del cordón #18, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

En la gráfica de la figura 3.57 se observa el comportamiento bimodal de la distribución de los datos para la longitud del cordón #18, además se ve claramente que los datos se encuentran desplazados tanto al límite inferior como al límite superior. La gran mayoría de los datos se encuentran dentro de especificación, pero el problema radica en la variación de los datos y en su comportamiento provocando que la solución se centre primero en controlar todas variables que están afectando dicho comportamiento bi-modal y después mejorar el desempeño del proceso centrándolo lo más posible al límite inferior. El desempeño del proceso para la longitud del cordón #18 se ve reflejado en un total de 210, 796 PPM.

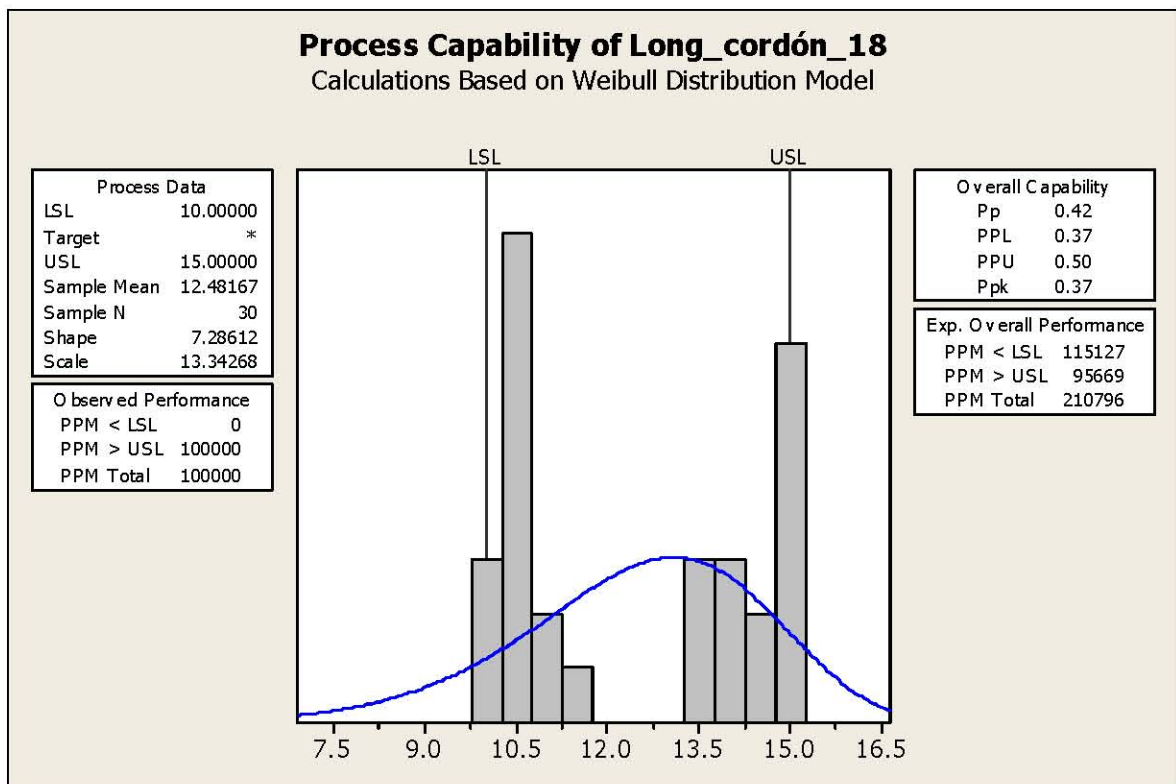


Figura 3.57 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #18.

Para inferir sobre la longitud del cordón #19 se tomó una muestra de 30 lecturas y el comportamiento de los datos fue normal como se observa en la gráfica de la figura 3.58, acumulándose la mayor cantidad de lecturas alrededor de la media de 35.78 mm. Para la longitud de este cordón la especificación es de 30 mm con una tolerancia positiva de 5 mm, y en realidad existe un valor mínimo de 34.43 mm y uno máximo de 37.52 mm. De acuerdo al valor de P-value se logró la normalidad de los datos al superar el mínimo de 0.05 con un valor de apenas 0.077, esto indica que todavía se debe de regular mejor el control de la longitud de este cordón y así evitar la variación que permite tener un comportamiento más normal para después centrarlo al objetivo de 30 mm que permitirá ahorros en el consumo de micro-alambre y los demás recursos ocupados durante el proceso como son la energía y el tiempo ciclo por mencionar algunos.

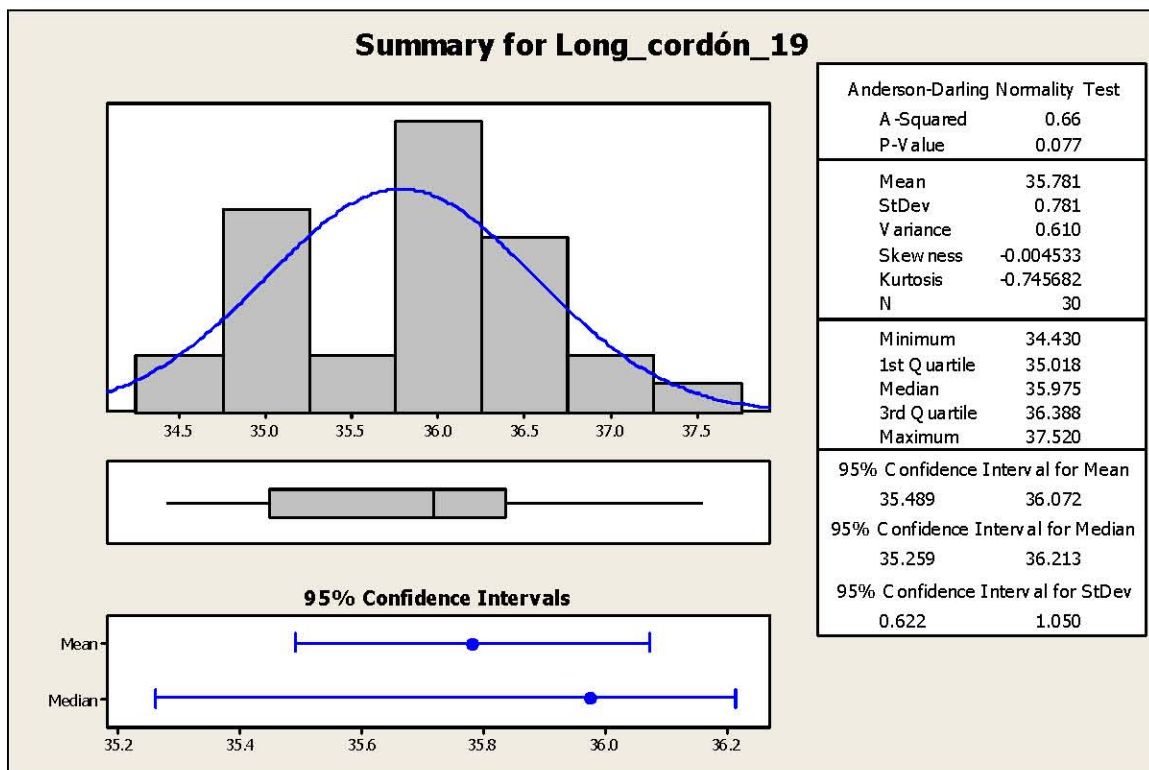


Figura 3.58 Gráfica Summary para la longitud del cordón #19, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

En la gráfica de la figura 3.59 se ve claramente que los datos se encuentran desplazados fuera de objetivo y sesgados principalmente al límite superior, produciendo un sobreproceso donde existe el área de oportunidad de ahorro de material. La curva representada por una línea punteada roja indica que aún puede haber mayor control en el proceso y una vez controlada la variación el proceso se puede centrar a la izquierda para reducir el excedente de longitud utilizada para este cordón. Como el proceso se encuentra fuera de especificación el indicador Cpk tiene un valor negativo de -0.27 y existen un total de 839,171.58 PPM que indica que la gran mayoría de los cordones exceden la tolerancia solicitada por el cliente. Es importante destacar que una vez que se controla perfectamente un proceso, la acción de centrarlo al objetivo resulta más sencillo porque ya se encuentran bien identificadas las variables que afectan el proceso.

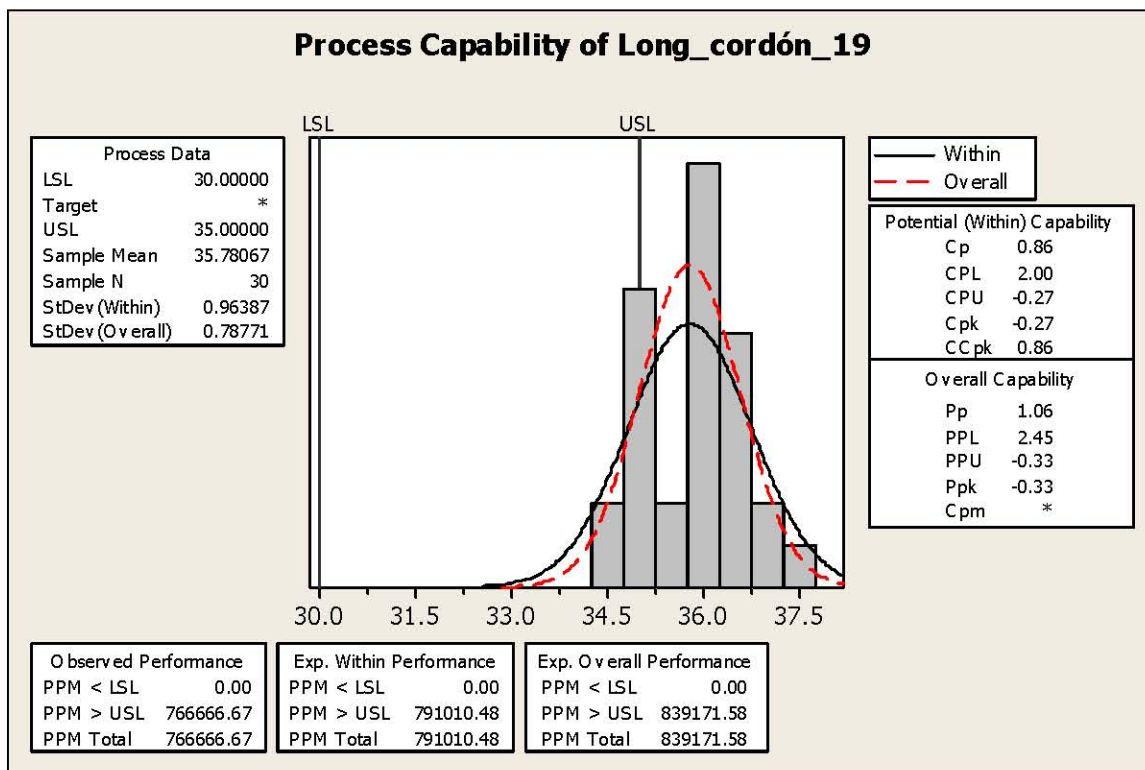


Figura 3.59 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #19.

De acuerdo a la gráfica de la figura 3.60 los datos de la longitud del cordón #20 no se comportan de acuerdo a la curva normal, pues el valor de P-value es inferior a 0.005 que indica que definitivamente existe un comportamiento no normal. Los datos de la longitud del cordón #20 tienen una media de 36.213 mm y un valor real mínimo de 33 mm y un máximo de 39.95 mm, indicando que existe un rango amplio con un valor de 6.95 mm y gran variación considerando el valor de 2.094 de la desviación estándar. Como se ve en la figura 2.14 del capítulo dos, el cordón #20 es un cordón donde se aplica el micro-alambre de manera radial al seguir el contorno del tubo-riel. Definitivamente para este cordón es esencial reducir la variación y controlar la longitud del cordón para que exista un comportamiento normal y después centrar el proceso a 30 mm que se tiene como especificación y con una tolerancia positiva máxima de 5 mm.

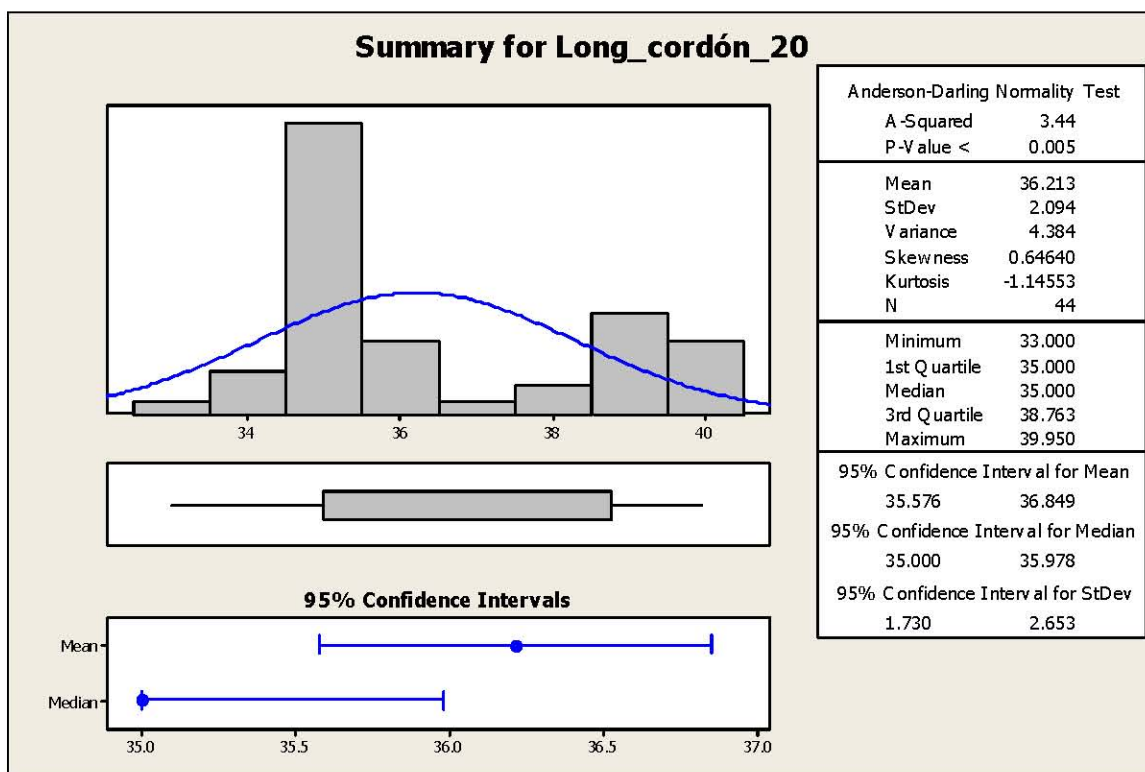


Figura 3.60 Gráfica Summary para la longitud del cordón #20, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La capacidad del proceso para la longitud del cordón #20 según se observa en la gráfica de la figura 3.61 se encuentra desplazada a la derecha del límite superior, además que se presenta un comportamiento bimodal principalmente a los 35 mm y a los 39 mm lo que perjudica el comportamiento normal de la gráfica y amplifica la variación del proceso. Para la longitud del cordón #20 la especificación dada por el cliente es de un valor mínimo de 30 mm y un valor máximo de 35 mm, se recuerda que para efectos de ahorro de material conviene desplazar lo más posible los datos al límite inferior, pues es ahí donde se presenta el valor máximo de ahorro además que existe un sobre-proceso ampliamente visible y por tanto se tiene un total de 737,363 PPM que equivalen a las longitudes de los cordones que exceden la especificación del límite superior del cliente. Para este cordón se tiene que controlar primero la variación para después desplazar los datos al objetivo de 30 mm.

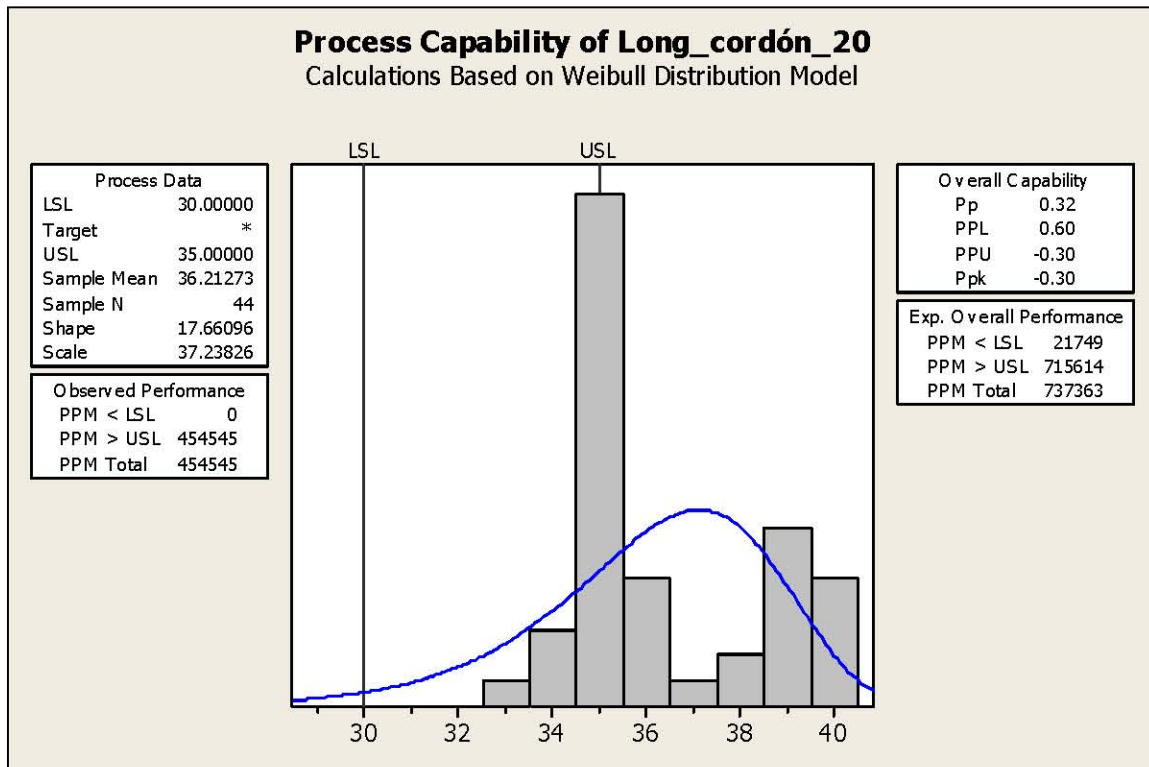


Figura 3.61 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #20.

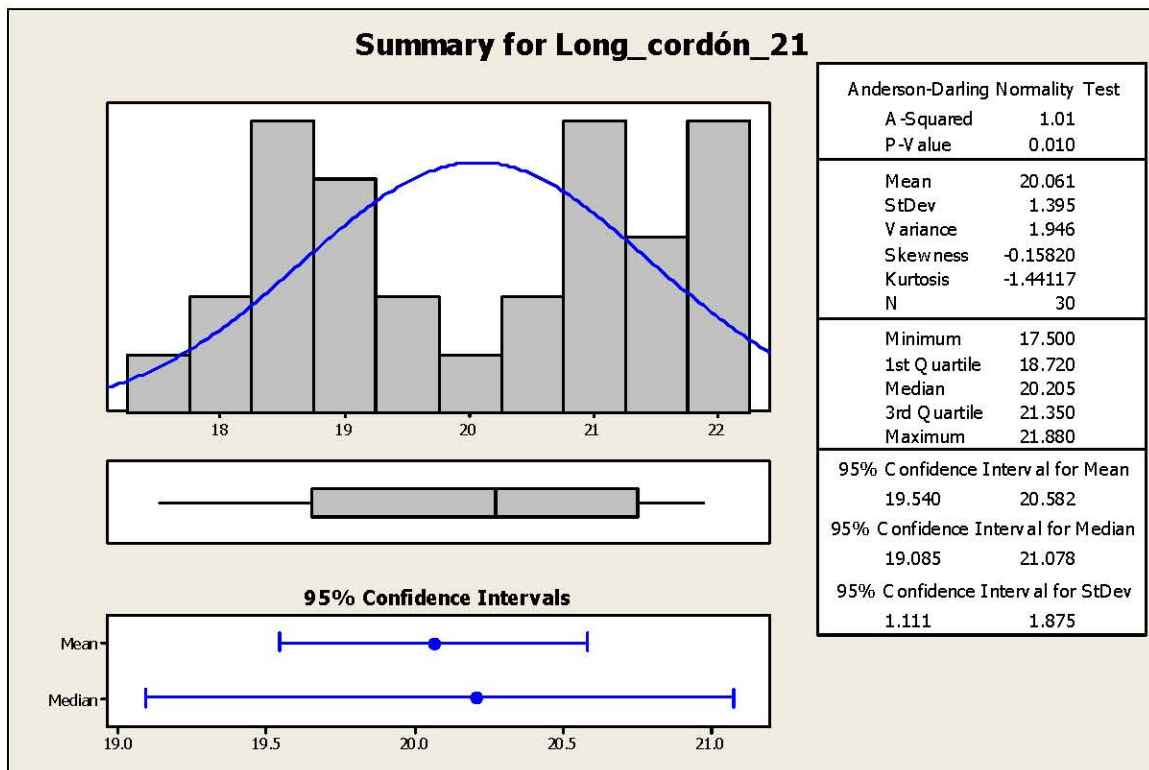


Figura 3.62 Gráfica Summary para la longitud del cordón #21, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

Aparentemente la gráfica de la figura 3.62 muestra un comportamiento normal de los datos de la longitud del cordón #21 pero al momento de rectificar esta afirmación con el valor de P-value, se observa que este tiene un valor de 0.010 que es inferior a los 0.05 que existe como límite para aceptar la normalidad de los datos. La especificación para este cordón es de 15 mm como valor mínimo y 20 mm como valor máximo, a pesar que en la gráfica de la figura 3.62 la media se encuentra en 20.061 mm existen datos que muestran que ciertas longitudes superan el límite superior y se tiene que el valor mínimo real es de 17.5 mm y el máximo es de 21.88 mm que significa que los cordones que no cumplen con la especificación máxima son área de oportunidad para ahorrar recursos de soldadura. La solución debe contemplar eliminar la distribución bimodal de los datos para la longitud del cordón #21 y después buscar alcanzar el objetivo de 15 mm.

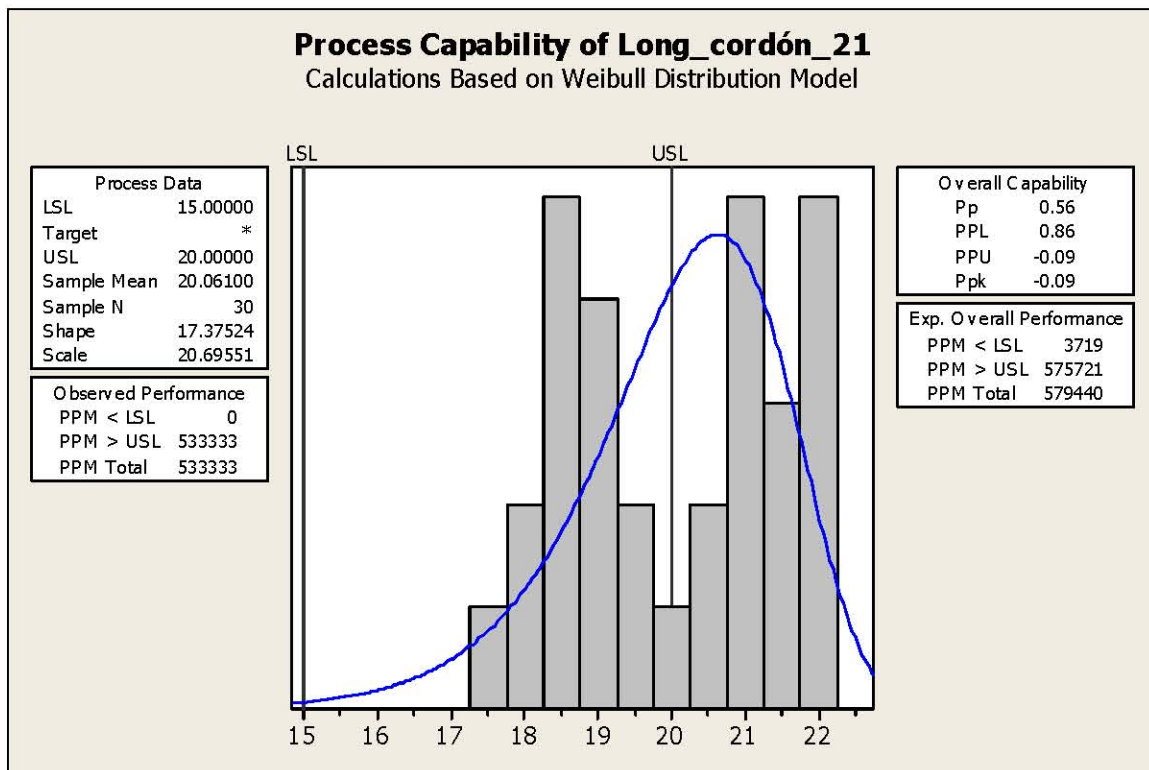


Figura 3.63 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #21.

En la gráfica de la figura 3.63 se muestra el análisis de la capacidad del proceso para la longitud del cordón #21, dicha gráfica se obtuvo en base a datos no normales y se observa como la media del proceso se encuentra prácticamente en el límite superior y por tanto existen datos que si cumplen con al especificación y algunos otros están por encima de 20 mm que es valor del límite superior. Claramente se distingue un comportamiento bimodal ubicado en 18.5 mm y otro aproximadamente a 21 mm, por lo que es primordial primero controlar las variables que provocan este tipo de distribución hasta alcanzar un comportamiento normal que permita centrar posteriormente el proceso hasta 15 mm donde se obtienen los mejores resultados en términos de disminución de consumo de micro-alambre por operación. El resultado del bajo desempeño del proceso para la longitud del cordón #21 son un total de 579, 440 PPM.

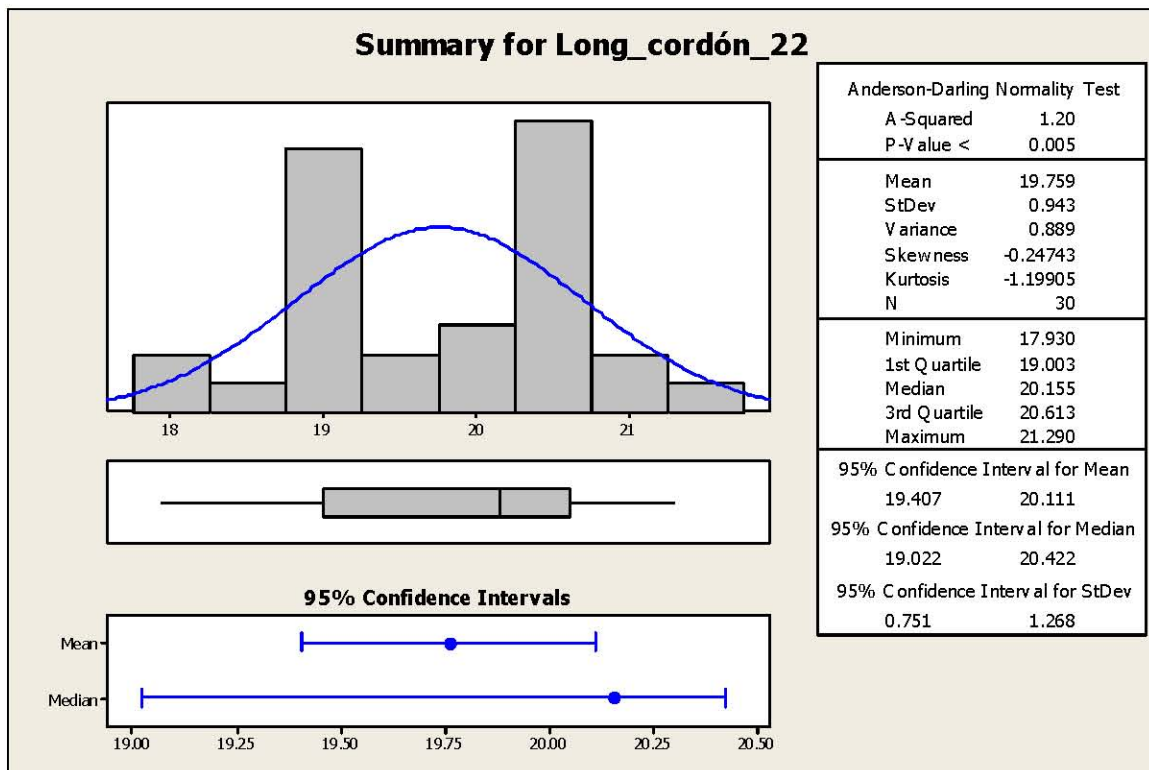


Figura 3.64 Gráfica Summary para la longitud del cordón #22, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

El comportamiento de la gráfica de la figura 3.64 indica que los datos para la longitud del cordón #22 no son normales, además que en la media de 19.759 mm no se encuentran concentrados la mayor frecuencia de los datos sino que existe tanto a 19 mm como a 20.5 mm aproximadamente esta concentración de frecuencia de los datos. Por tanto el valor el P-value es inferior a 0.005 sin acercarse a 0.05 que es el valor mínimo para aceptar la normalidad de los datos. La especificación para la longitud del cordón #22 es de 15 mm como límite inferior y como límite superior un valor igual a 20 mm, pero el valor real mínimo indicado en la gráfica de la figura 3.64 es igual a 17.93 mm y como valor máximo real se tiene un valor igual a 21.29mm. Por tanto para este cordón se debe de evitar en primer lugar la variación que produce la no normalidad de los datos y después desplazar los datos

para que se encuentren dentro de especificación y así eliminar el sobre proceso que existe actualmente.

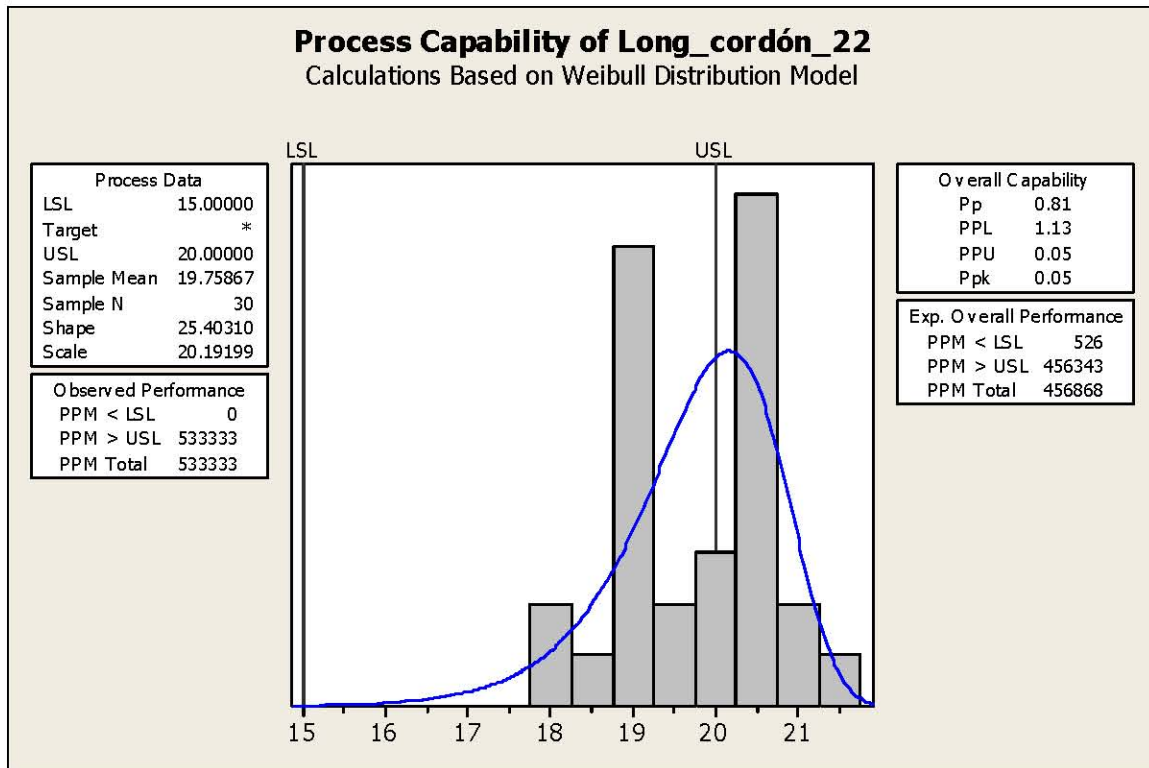


Figura 3.65 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #22.

La gráfica de la figura 3.65 muestra el análisis de la capacidad del proceso para la longitud del cordón #22, en dicha gráfica se ocuparon datos no normales para obtenerla, además que los datos se encuentran desplazados del objetivo tendiendo hacia el límite superior, provocando un bajo desempeño del proceso al momento de aplicar este cordón. En este tipo de cordones donde existe amplia variación y un comportamiento no normal de los datos es importante eliminar o controlar las variables que provocan este tipo de distribución, además existe área de oportunidad en cuanto a ahorro de micro-alambre se refiere pues se necesita centrar el proceso y así evitar el sobre-proceso existente. Por tanto el bajo desempeño del proceso para la longitud del cordón #22 se tiene un total de 456, 868 PPM.

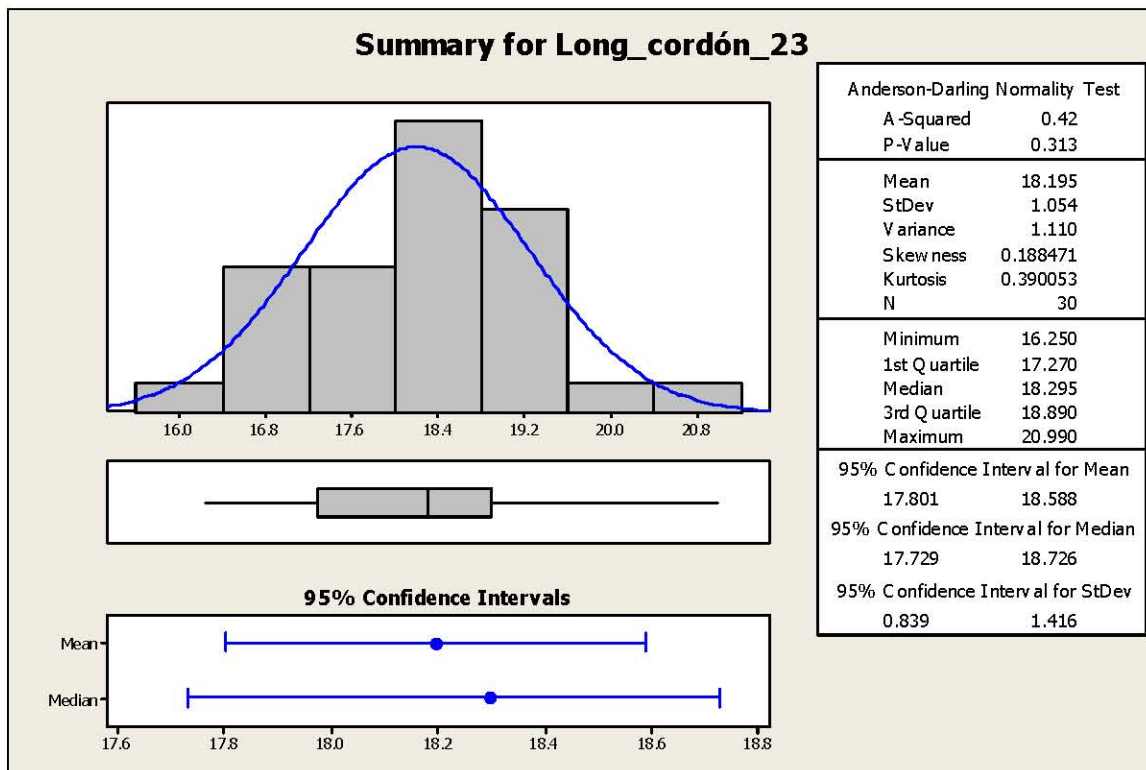


Figura 3.66 Gráfica Summary para la longitud del cordón #23, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La gráfica de la figura 3.66 muestra la distribución de las 30 lecturas producto de la recolección de datos para inferir sobre la longitud del cordón #23, donde se observa como la mayor frecuencia de los datos se alberga alrededor de la media con un valor igual a 18.195 mm, y que el valor mínimo real es igual a 16.25 mm y el valor máximo equivale a 20.99 mm. La especificación para este cordón es de un valor igual a 15 mm como mínimo y un valor máximo igual a 20 mm, la dispersión se ve reflejada en el indicador de la desviación estándar con un valor igual a 1.054 mm. De acuerdo a la gráfica de la figura 3.66 y verificando con el valor de P-value igual a 0.313 se puede afirmar que se trata de datos normales para inferir sobre la longitud del cordón #23, y que se encuentra prácticamente dentro del rango solicitado por el cliente, sin embargo falta reducir la variación para que todos las lecturas cumplan con la especificación (15-20 mm).

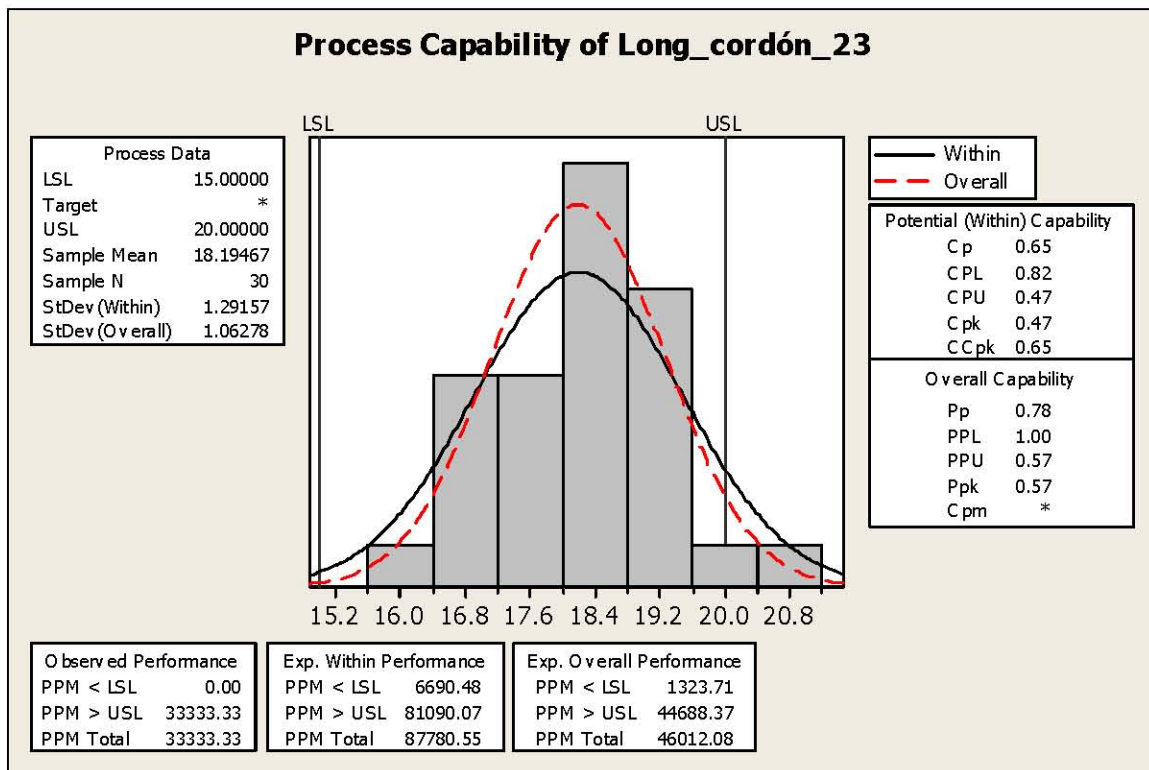


Figura 3.67 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #23.

Para el análisis de capacidad de la longitud del cordón #23 se ocupa la gráfica de la figura 3.67, donde se observa que prácticamente todos los datos se encuentran dentro de la especificación solicitada por el cliente. Sin embargo existen cordones por encima del límite superior equivalente a 20 mm y provocando un total de 46, 012.08 PPM que significa que al proceso se le pueden aplicar mejoras que soluciones este problema. El indicar Cp tiene un valor igual a 0.65 que muestra que en este momento del análisis el proceso se encuentra en un nivel que deja mucho que desear y esto se confirmó con el valor de 0.47 que corresponde al Cpk y es sensible a la variable “tiempo”.

Es importante mejorar la variación y tener pleno control del proceso para después hacer el desplazamiento de los datos, lo más cerca que se pueda del límite inferior donde existe el mayor beneficio en cuanto a costo y tiempo de aplicación para la longitud del cordón #23.

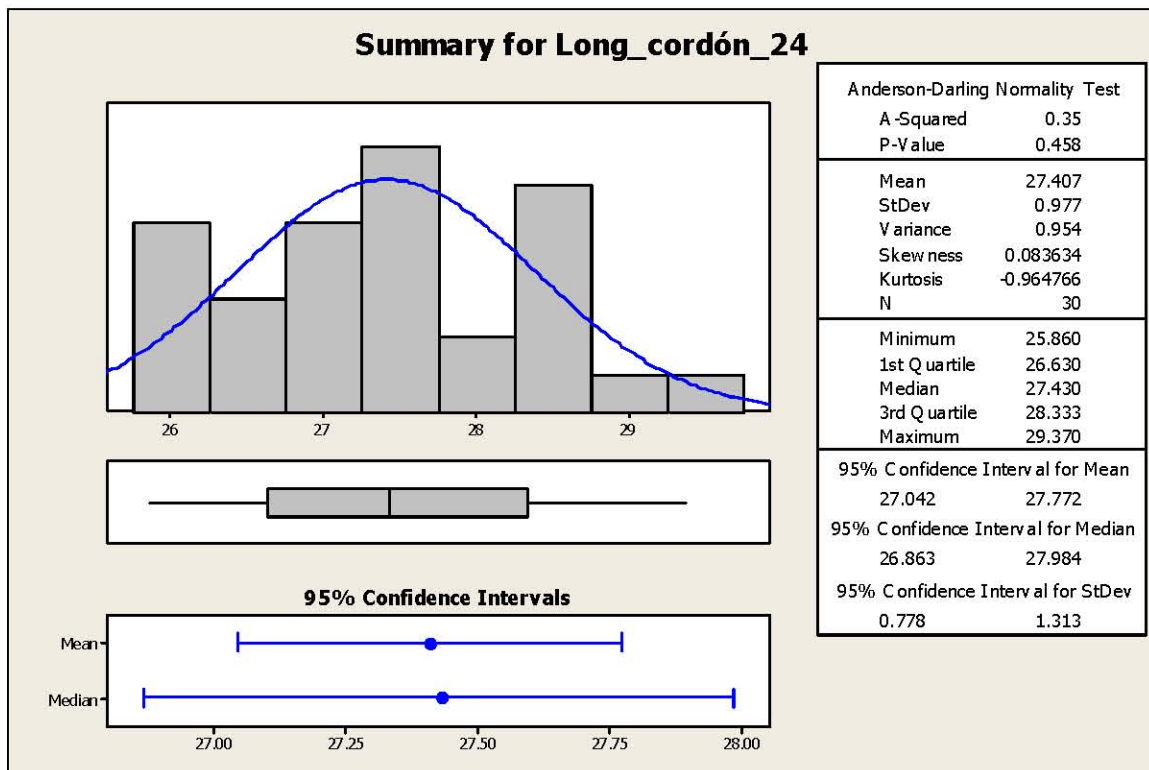


Figura 3.68 Gráfica Summary para la longitud del cordón #24, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La longitud del cordón #24 tiene una distribución normal de acuerdo al contenido de la gráfica de la figura 3.68, donde se infirió el comportamiento de los datos de las 30 lecturas que sirvieron como muestra. Para la distribución de los datos de este cordón se tiene un valor de P-value igual a 0.458 que valida la normalidad de los datos.

La media de los datos se encuentra ubicada en 27.407 mm y se tiene un valor real mínimo de 25.86 mm y un valor máximo equivalente a 29.37 mm, para la longitud del cordón #24 la especificación por parte del cliente es de 25 mm como valor mínimo con una tolerancia positiva de 5 mm, por lo que aparentemente todos los datos cumplen con dicha especificación. Como todos los datos se encuentran dentro del rango, la mejora radica en perfeccionar la distribución y esto consiste en reducir la variación que tiene una desviación estándar igual a 0.997 mm.

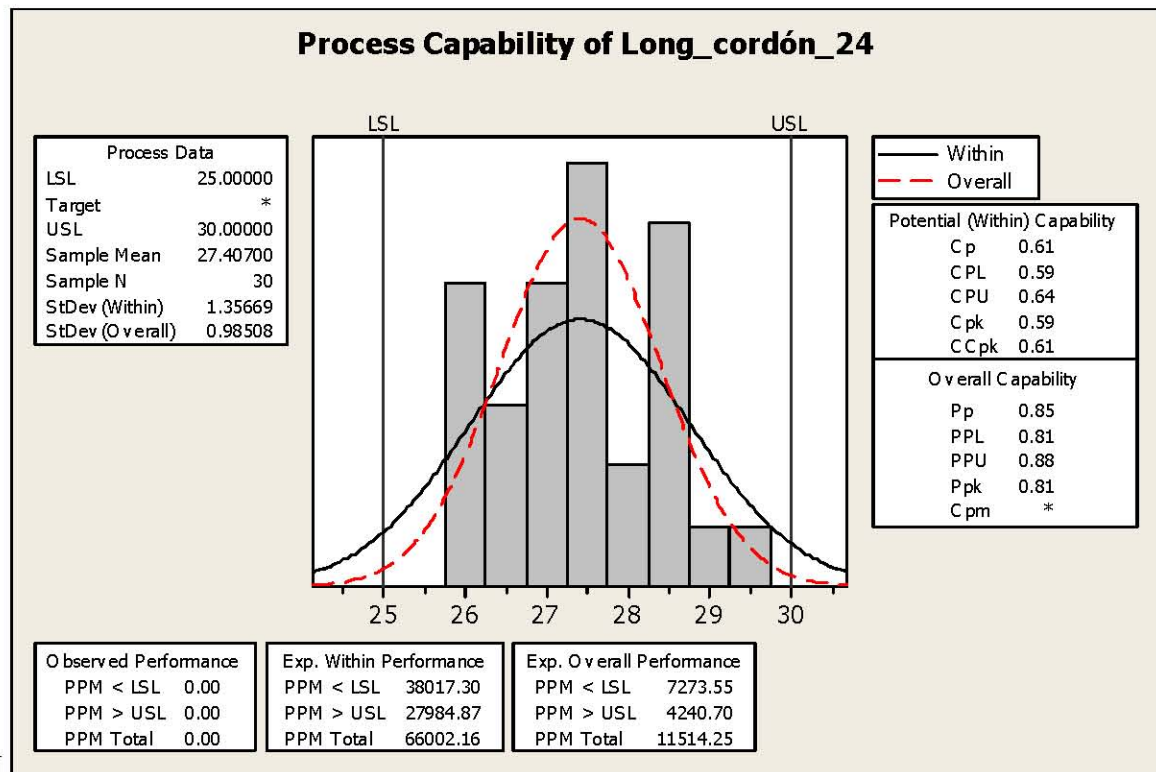


Figura 3.69 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #24.

La gráfica de la figura 3.69 muestra el análisis de capacidad del proceso para la longitud del cordón #24, donde se observa que todos los datos se encuentran dentro del rango de especificación proporcionado por el cliente. A pesar de que todos las lecturas se albergaron dentro de 25 y 30 mm el indicador Cp tiene un valor de 0.61 y el indicador Cpk tiene un valor de 0.59 que indica que el proceso se ve poco afectado por la variable “tiempo”, sin embargo es necesario intervenir sobre las variables que afectan el proceso y no permiten tener una distribución plenamente normal pues aún hay alta frecuencia de datos a los extremos de la curva. En la gráfica de la figura 3.69 las líneas punteadas de color rojo muestran la distribución deseada, donde la mayor concentración de datos se encuentra en la media de la curva y entre más se acerque a los extremos la frecuencia de los datos disminuye, por tanto se tiene un total de 11, 514.25 PPM.

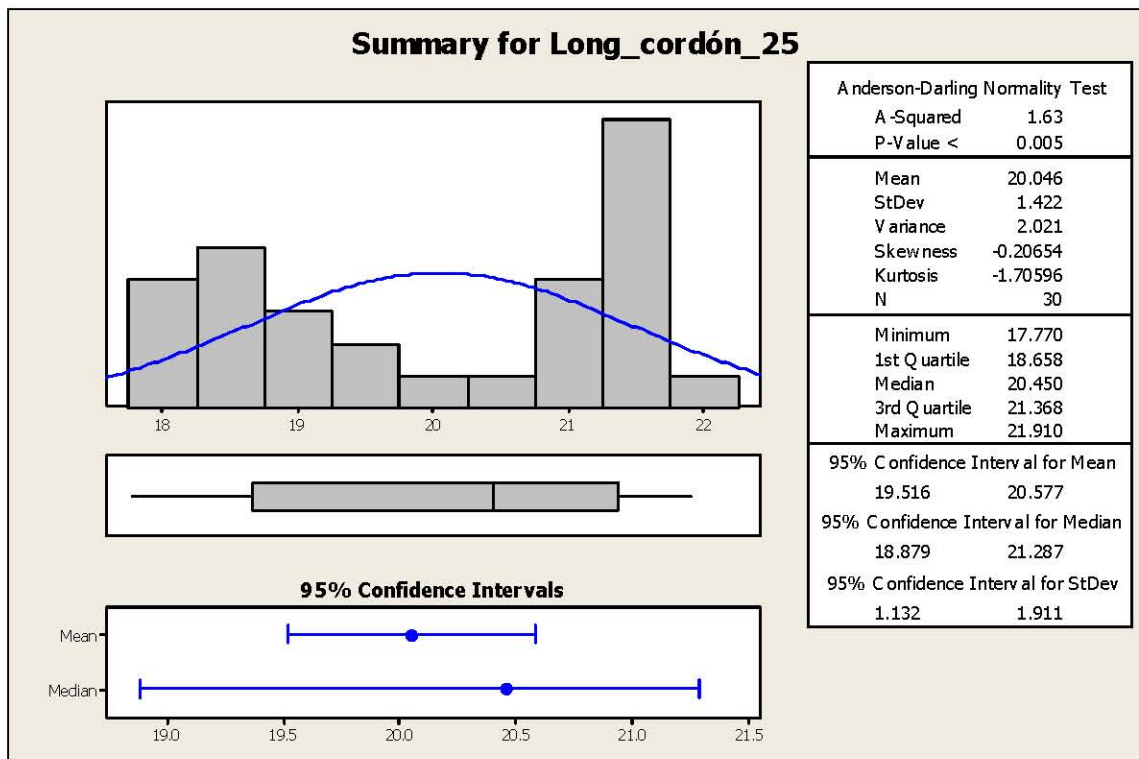


Figura 3.70 Gráfica Summary para la longitud del cordón #25, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

El comportamiento de los datos para inferir sobre la longitud del cordón #25 del subensamble inferior del asiento trasero del SU-V6 presenta un comportamiento no normal, y como se puede observar en la gráfica de la figura 3.70 los datos se encuentran muy dispersos y sin ninguna concentración en la media que tiene un valor de 20.046 mm, además el valor mínimo real es de 17.77 mm y el valor máximo es de 21.91 mm. La especificación proporcionada por el cliente solicita una longitud mínima de 15 mm y una máxima igual a 20 mm para este cordón. Como se observa en la figura 3.70 los datos se encuentran en un rango diferente al solicitado por el cliente en la especificación, además que se tiene poco control para este cordón y una distribución plenamente no normal de los datos y esto se confirma con el valor de P-value que es inferior a 0.005, por lo que no se alcanza el valor mínimo de 0.05 para validar la normalidad de los datos.

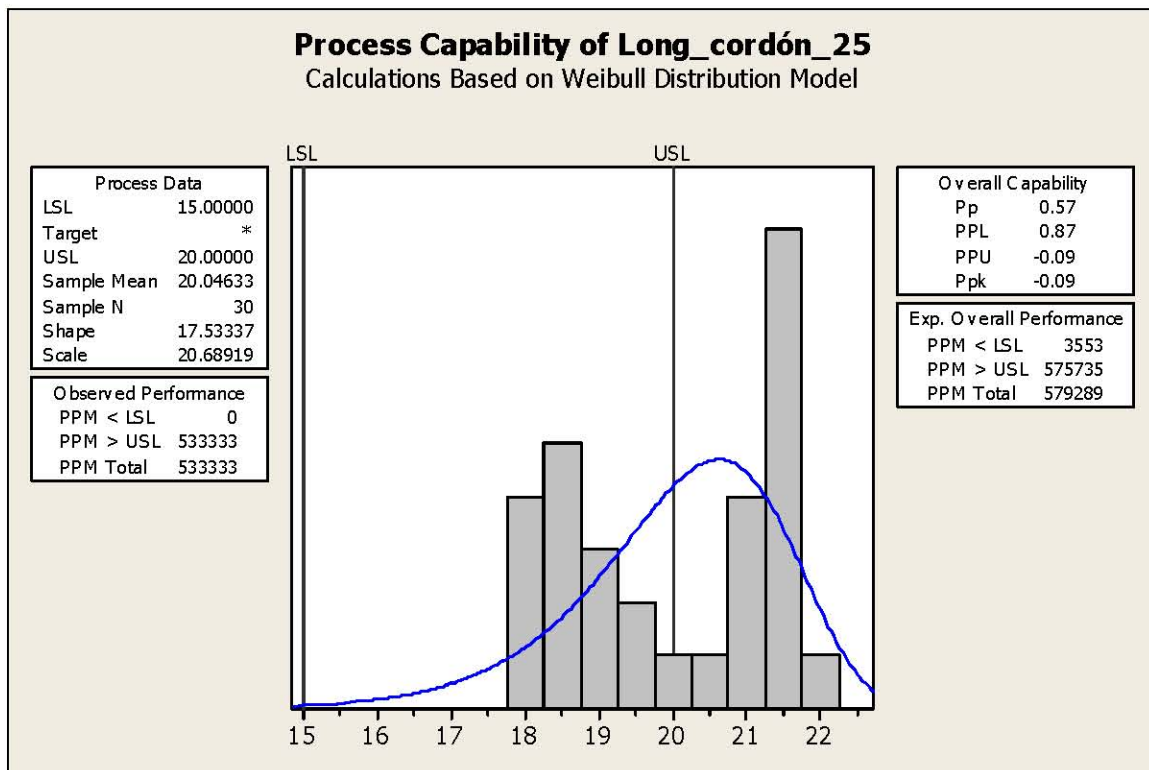


Figura 3.71 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #25.

La gráfica de la figura 3.71 muestra el análisis de la capacidad del proceso para la longitud del cordón #25, en dicha gráfica se observa como la frecuencia de los datos se distribuye a través de todo el rango y se logra observar una acumulación de la frecuencia de los datos en 21.5 mm por lo que se tuvo que analizar esta gráfica con datos no normales.

Existe variación considerable en los datos de la longitud del cordón #25, por lo que se recomienda eliminar las variables o al menos reducir su efecto para obtener un mejor control de la distribución y disminuir la variación. Después de tener controlado el proceso es necesario desplazar los datos de la longitud de este cordón a la izquierda de la gráfica, que significa que es un área de oportunidad para obtener ahorros al momento de aplicar el micro-alambre. Debido al sobre-proceso que existe al momento de aplicar el cordón #25 existen un total de 579, 289 PPM.

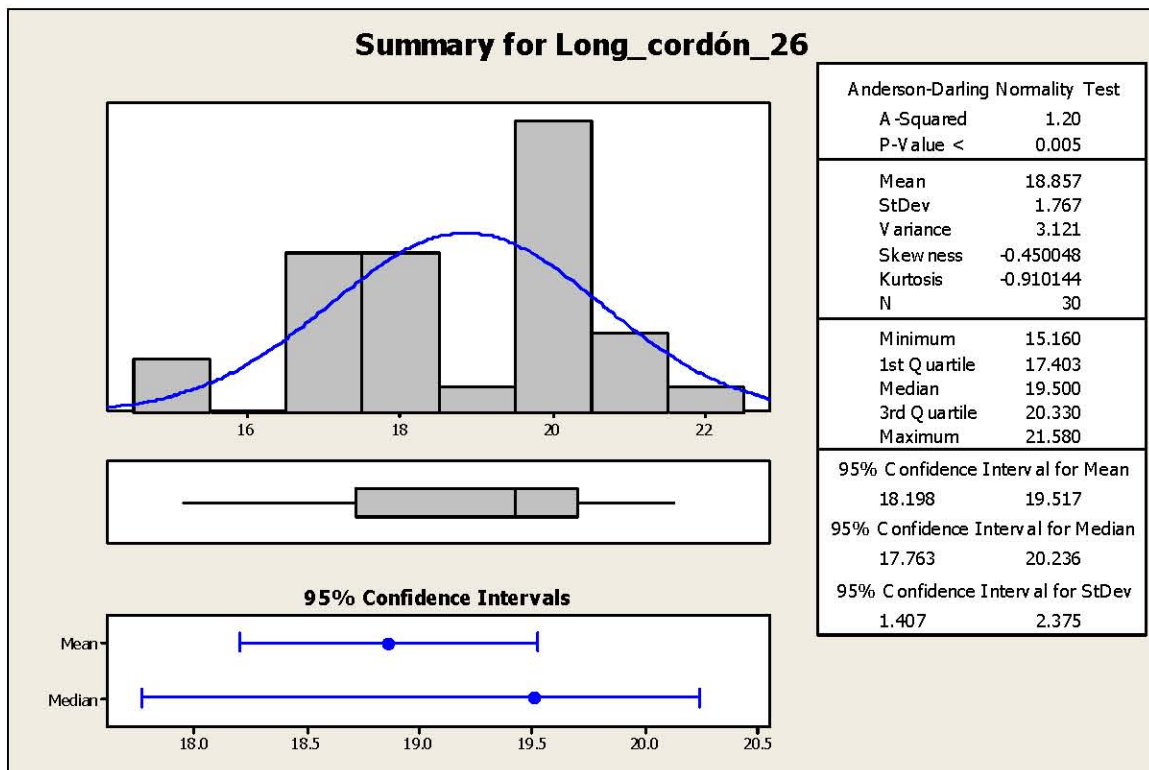


Figura 3.72 Gráfica Summary para la longitud del cordón #26, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La gráfica de la figura 3.72 muestra el comportamiento de los datos obtenidos para inferir sobre la distribución de la longitud del cordón #26 en base a una muestra de 30 lecturas. La gráfica muestra que el comportamiento de los datos no es normal porque se encuentran distribuidos a lo largo del rango sin concentrarse en la media que tiene un valor de 18.857 mm y esta afirmación se valida con el valor de P-value que es inferior a 0.005 y por tanto no cumple con el valor mínimo de 0.05 para determinar que si son normales los datos. La especificación por parte del cliente respecto a la longitud del cordón #26 es de 15 mm como valor mínimo y de 20 mm como valor máximo, como se observa en la gráfica de la figura 3.72 el valor mínimo real es de 15.16 mm y el valor máximo es de 21.58 mm. El valor de la desviación estándar igual a 1.767 mm se interpreta como una variación

considerable en el proceso de aplicación de este cordón y también coincide con la distribución no normal de los datos.

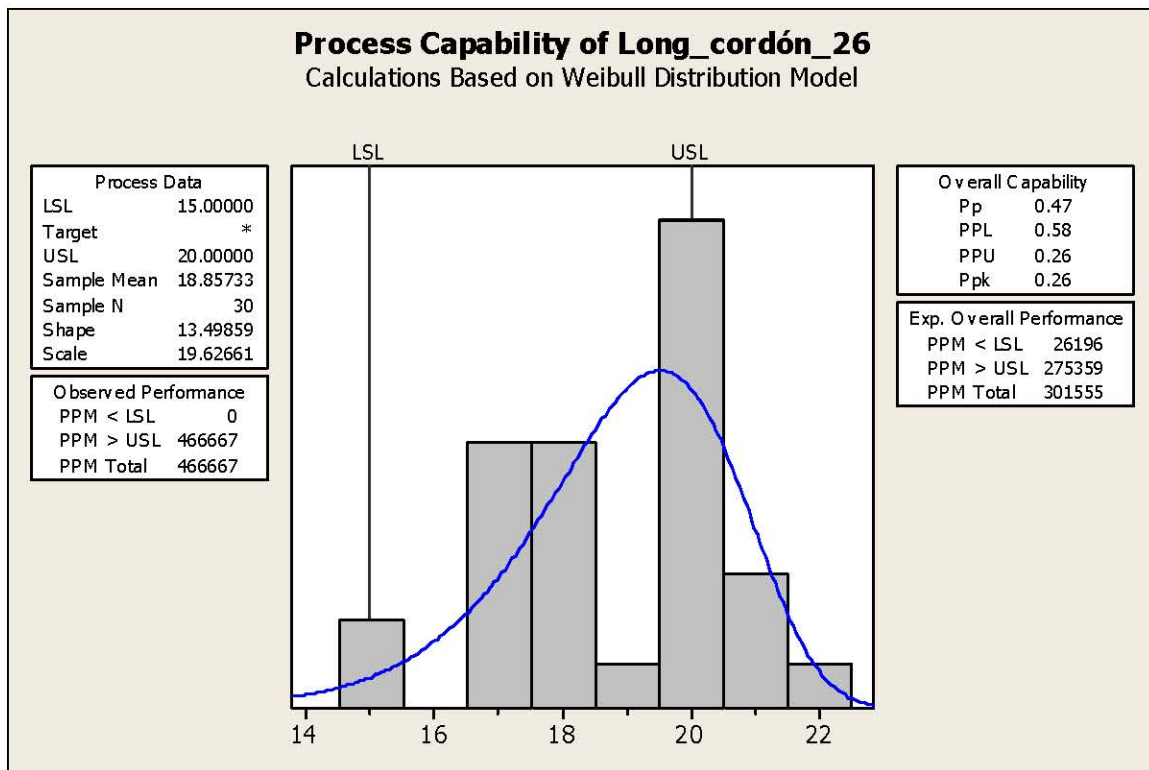


Figura 3.73 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #26.

El análisis de capacidad para la longitud del cordón #26 se muestra en la gráfica de la figura 3.73. En dicha gráfica se observa como los datos se distribuyen a lo largo del rango sin ninguna concentración en la media y si en el límite superior que tiene un valor igual a 20 mm. También existen datos que se encuentran sesgados al límite inferior y otros quedan fuera de especificación al sobrepasar la longitud máxima solicitada por el cliente.

Se recomienda eliminar o disminuir la gran dispersión que existe en los datos para después desplazarlos lo más cercano posible al límite inferior y así maximizar el ahorro en términos de recurso de soldadura por evitar el sobre-proceso que existe actualmente. Para la capacidad del proceso de la longitud del cordón #26 existen un total de 301, 555 PPM.

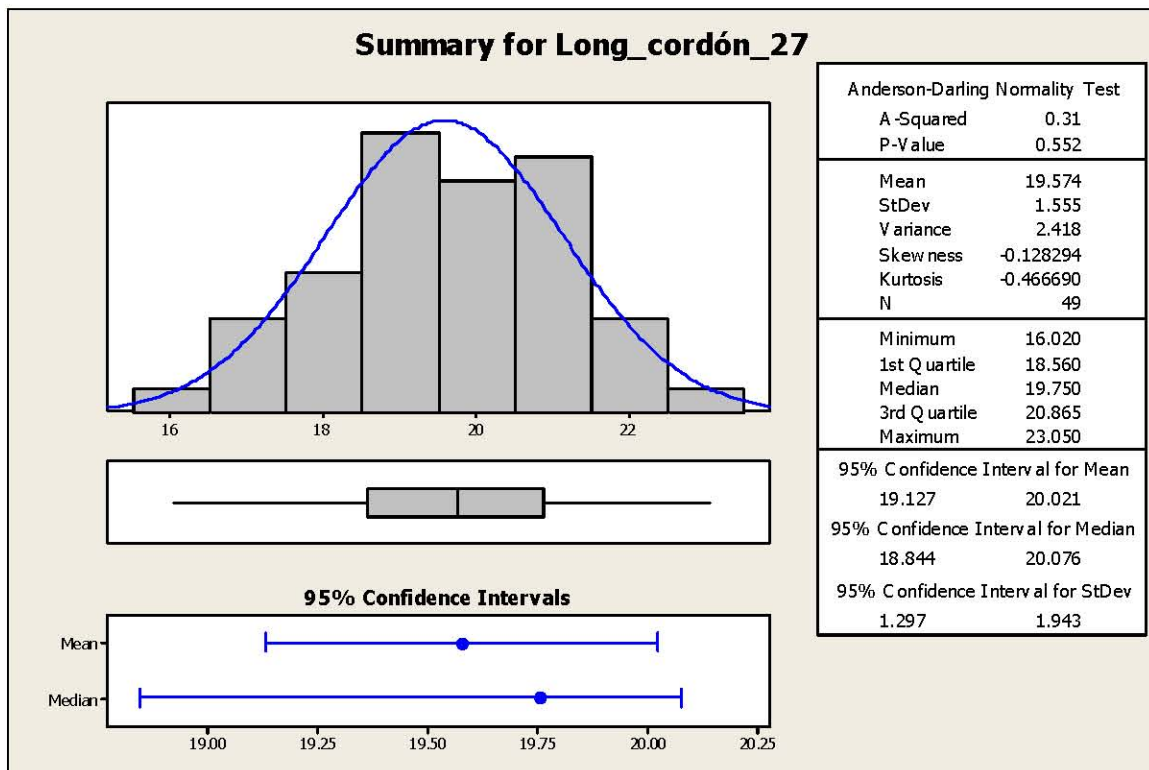


Figura 3.74 Gráfica Summary para la longitud del cordón #27, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La gráfica de la figura 3.74 muestra la distribución de los datos para la longitud del cordón #27, donde se infiere a partir de una muestra de 49 lecturas. Dicha gráfica muestra que los datos se comportan de manera normal y esto se refleja en la concentración de la mayoría de los datos alrededor de la media que tiene un valor de 19.574 mm y como disminuye esta concentración a los extremos de la curva. La validación de la normalidad de los datos se confirma con un valor alto del P-value de 0.552, y se siempre se recomienda tener una normalidad alta como reflejo de pocas variables a controlar. El rango real oscila en un valor mínimo de 16.02 mm y un valor máximo de 23.05 mm, y para este cordón se tiene la especificación por parte del cliente de una longitud mínima de 20 mm y una máxima equivalente a 25 mm.

Aunque existe una distribución bastante normal de los datos, el rango obtenido es amplio y se ve reflejado en el valor de la desviación estándar igual a 1.555 mm. Se recomienda disminuir la variación de las pocas variables que estén afectando los datos, ya que se deduce por la normalidad de los datos que para este cordón muchas variables potenciales no afectan su longitud.

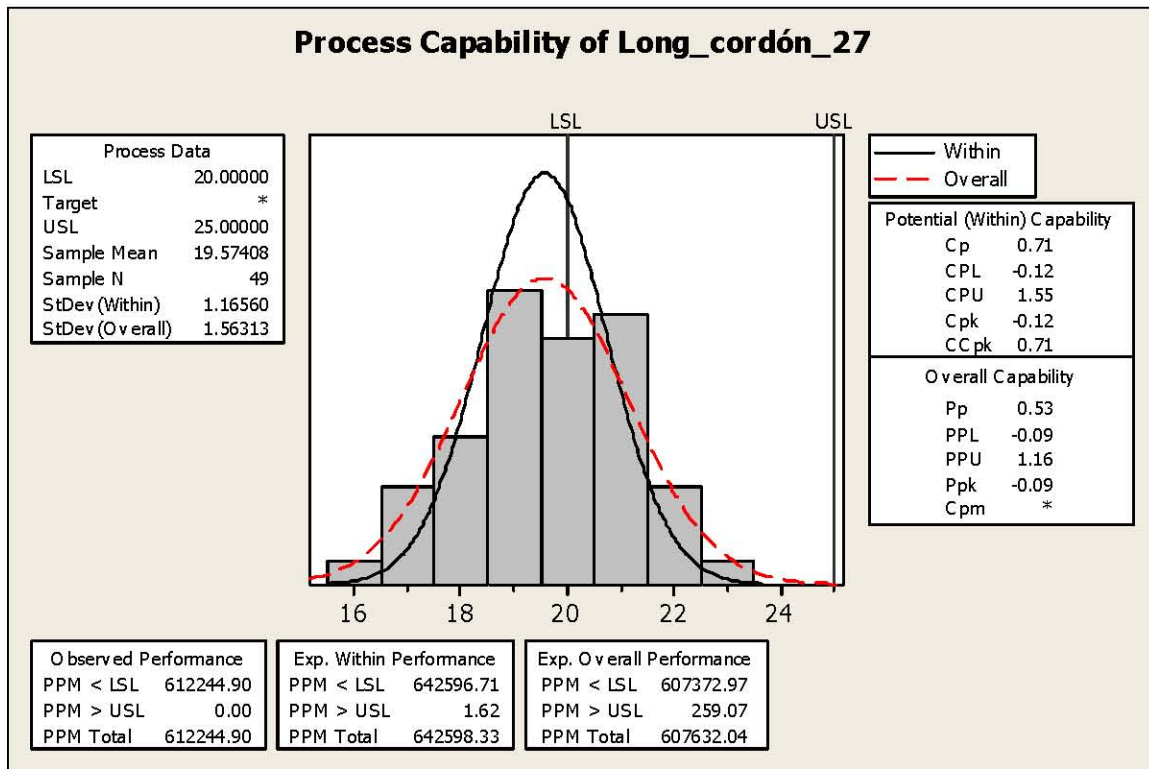


Figura 3.75 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #27.

El análisis de la capacidad del proceso para la longitud del cordón #27 para datos normales se muestra en la gráfica de la figura 3.75. Dicha gráfica muestra como los datos se encuentran desplazados a la izquierda, cercanos al límite inferior y por tanto algunos de ellos no cumplen con la especificación de la longitud mínima. Se observa en la gráfica una curva con línea punteada en color rojo que indica el comportamiento normal de los datos y

una en color negro que implica un estado de mejora al concentrar los datos en la media y por tanto reducir el rango de los datos.

Como algunos de los datos se encuentran por debajo del límite inferior existen un total de 607, 632.04 PPM y el indicador Cpk es negativo con un valor igual a -0.12, el cual difiere bastante del indicador Cp con un valor de 0.71, que indica que la variable “tiempo” afecta mucho a este proceso.

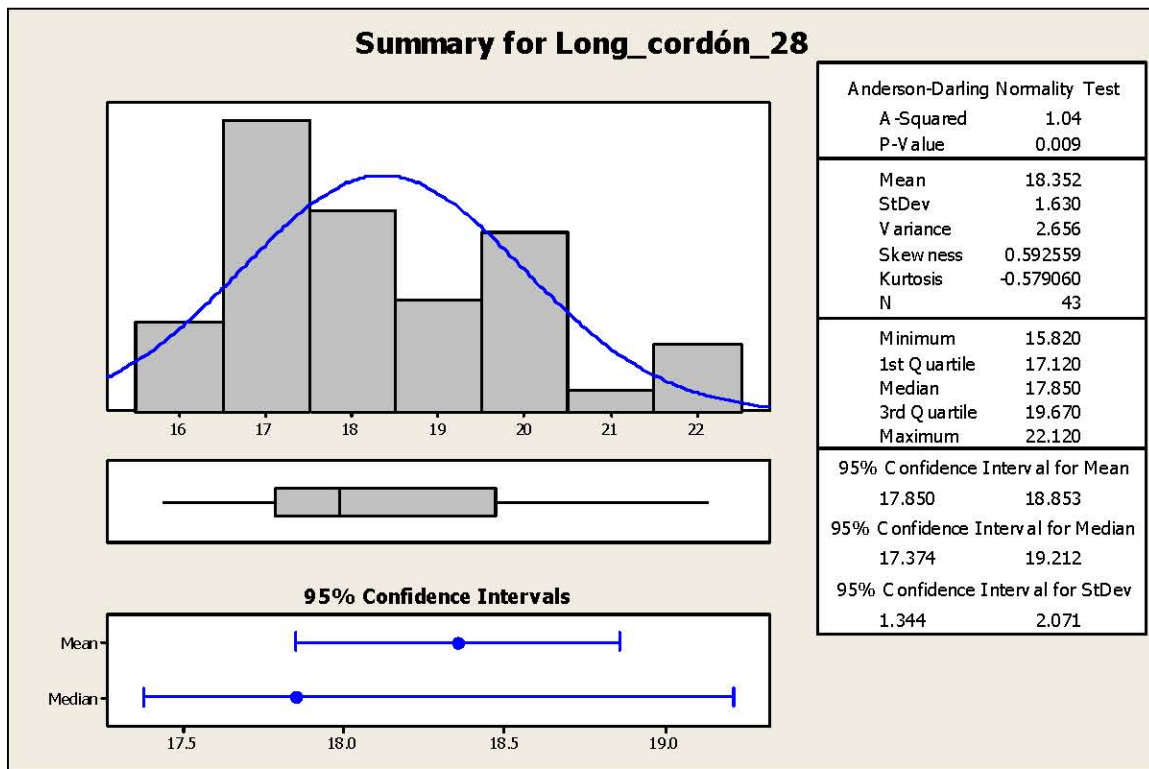


Figura 3.76 Gráfica Summary para la longitud del cordón #28, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La gráfica de la figura 3.76 muestra el comportamiento de los datos para la longitud del cordón #28 y el intento de normalizarlos al ampliar la muestra de 30 a 43 lecturas y el valor de P-value de tan sólo 0.009 indica que aún con la ampliación de la muestra el comportamiento de los datos es no normal. Se buscaba que la mayoría de los datos se concentrara en la media de valor 18.352 mm y sin embargo se encuentran repartidos a

través del rango que oscilan entre 15.82 y 22.12 mm. Los datos presentan variación considerable y el valor de la desviación estándar es de 1.63 mm reflejando dicha afirmación.

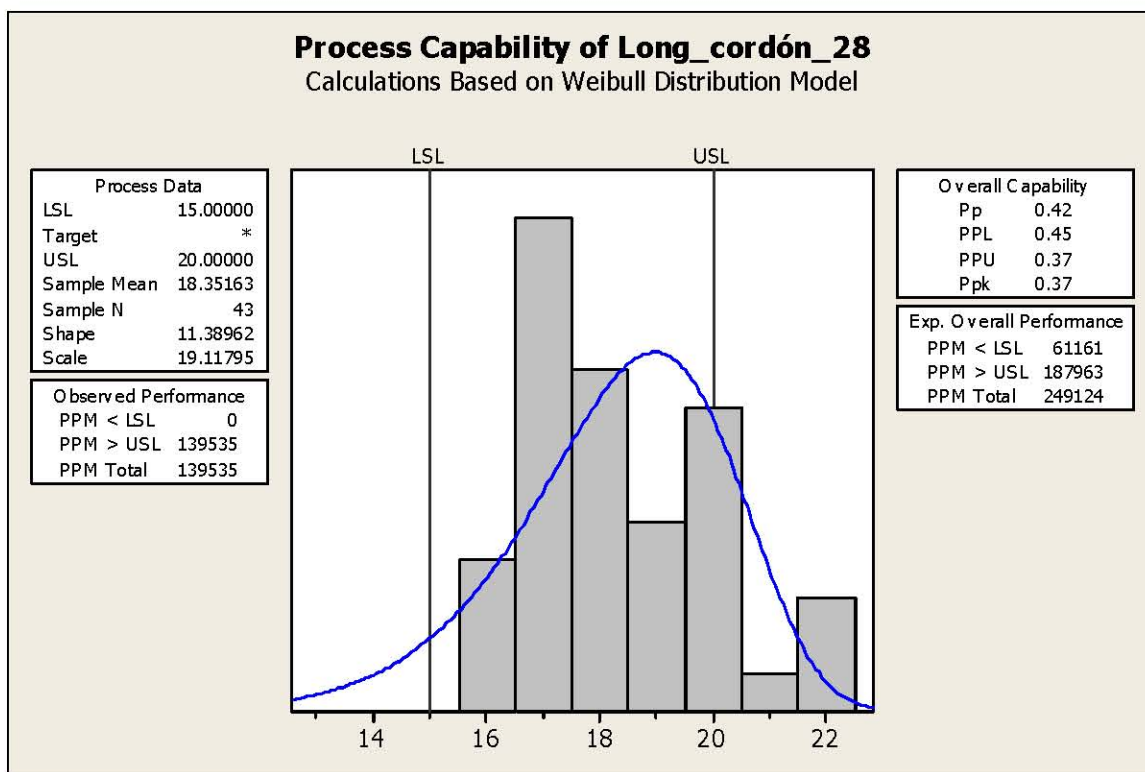


Figura 3.77 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #28.

La gráfica de la figura 3.77 muestra el análisis de la capacidad del proceso para la longitud del cordón #28, en dicha gráfica se observa como los datos se encuentran desplazados a la derecha de la misma y que algunos datos se encuentran fuera de la especificación del límite superior. A pesar que la muestra se amplió la distribución fue no normal y además existe una variación considerable, por lo que se busca después de aplicar la solución normalizar los datos y reducir la variación y alcanzar el objetivo de 15 mm para obtener beneficios por concepto de ahorro de recursos al momento de aplicar este cordón.

Por el bajo desempeño del proceso para la longitud del cordón #28 existen un total de 249, 124 PPM.

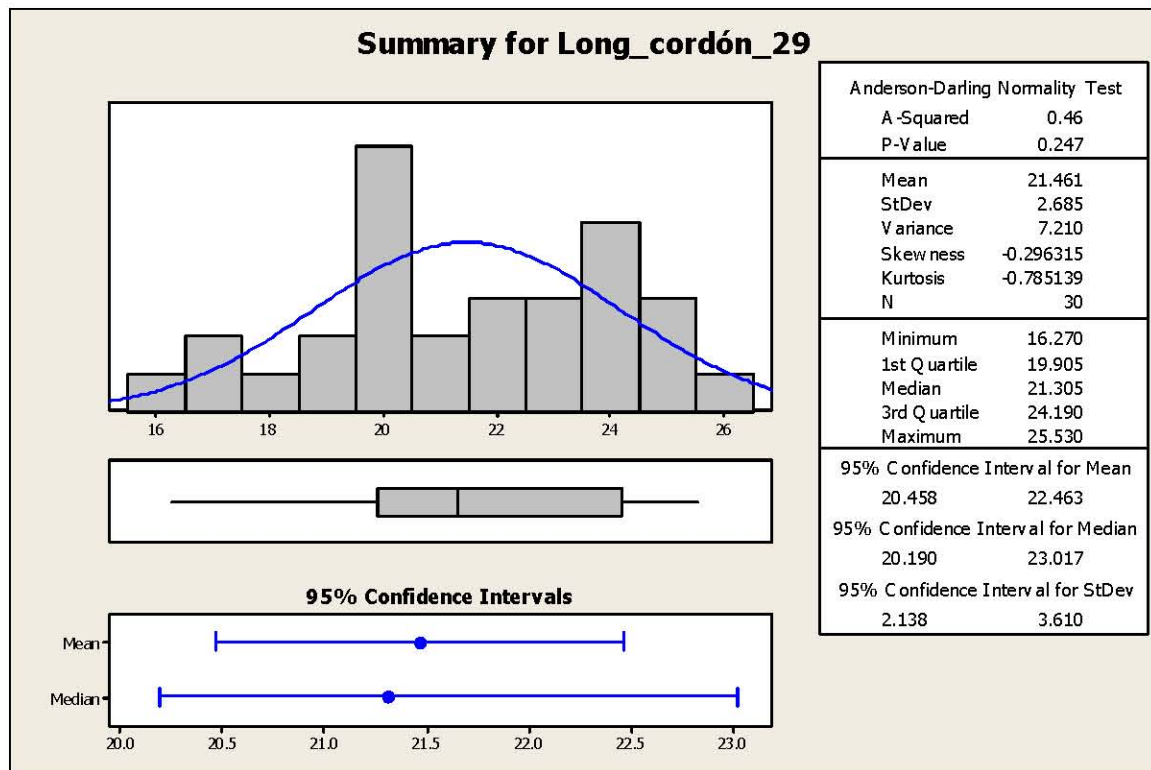


Figura 3.78 Gráfica Summary para la longitud del cordón #29, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La gráfica de la figura 3.78 muestra la distribución de los datos para la longitud del cordón #29, en dicha gráfica se observa que la frecuencia de los datos está concentrada a través de todo el rango de los datos de manera homogénea por lo que a simple vista se puede afirmar que no son normales los datos sin embargo el valor de P-value es de 0.247, validando los datos como normales. Esta normalidad de los datos se confirma al momento de analizar las lecturas que están alrededor de la media de 21.46 mm, pues en 20 mm se concentra la mayor cantidad de datos.

La especificación por parte del cliente para la longitud del cordón #29 es de 15 mm como valor mínimo y de 20 mm como valor máximo sin embargo el rango real oscila entre

16.27 mm y 25.53 mm, dando un rango considerablemente amplio de 9.26 mm, por lo que se recomienda disminuir la variación controlando las variables que estén afectando al proceso.

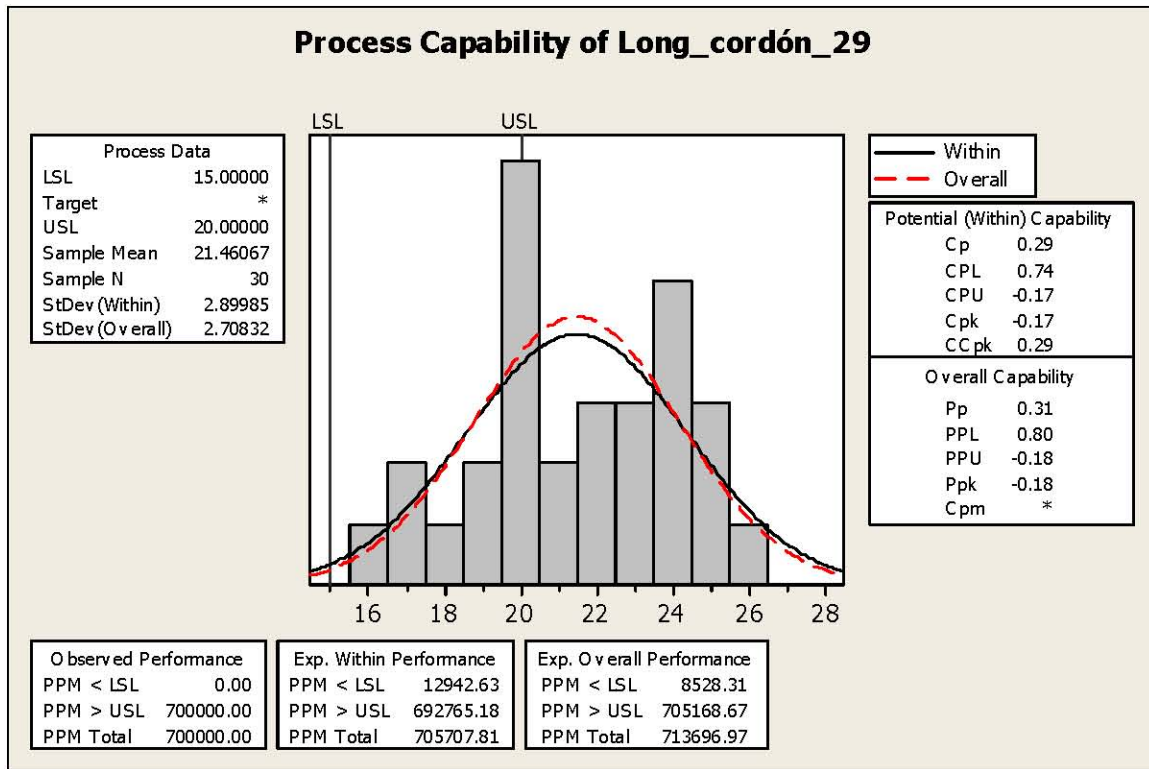


Figura 3.79 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #29.

El análisis de la capacidad del proceso se muestra en la gráfica de la figura 3.79, donde se observa como el rango de los datos es considerablemente amplio y se encuentra desplazado a la derecha, cercano y excediendo el límite superior. Al existir una variación considerable en el proceso, este se ve afectado por la variable “tiempo” y se observa como el indicador Cp es igual a 0.29 pero el indicador Cpk tiene un valor negativo de -0.17.

Los cordones cuyas longitudes están por encima del límite superior provocan que existan un total de 713,696.97 PPM., colocando el desempeño del proceso en una postura que deja

mucho que desear y donde existe un área de oportunidad en cuestión de ahorro de micro-alambre por operación.

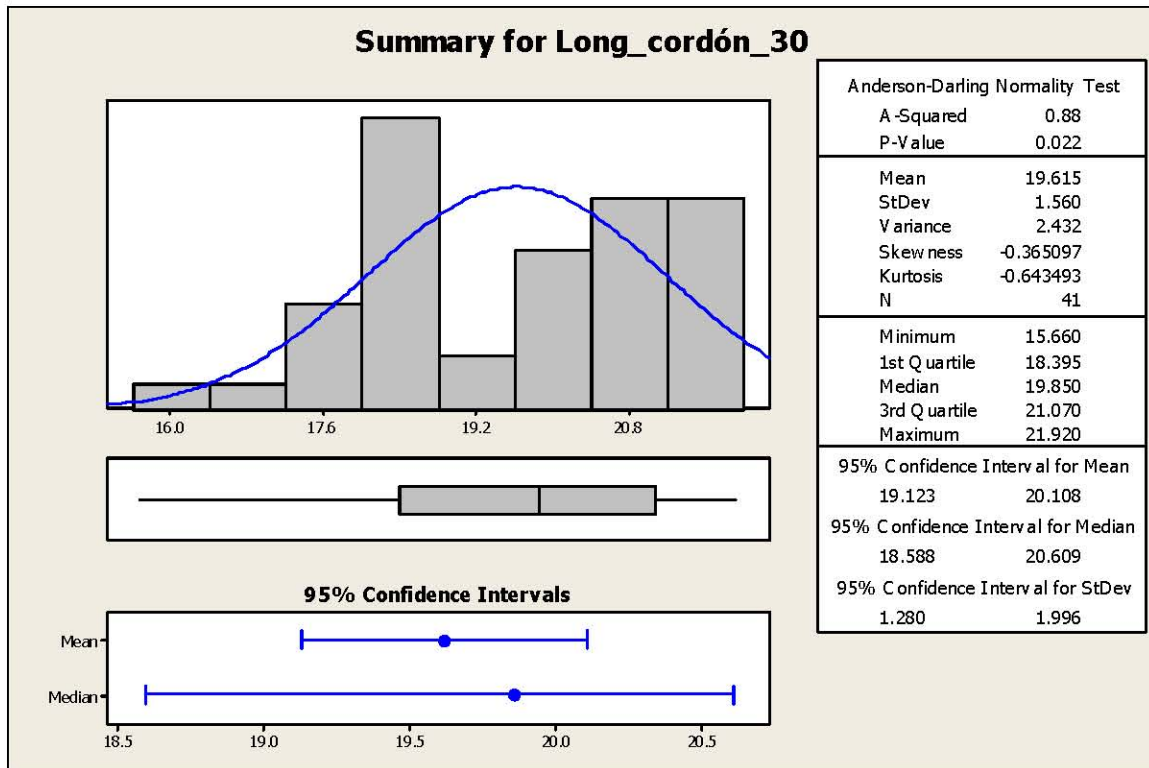


Figura 3.80 Gráfica Summary para la longitud del cordón #30, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La gráfica de la figura 3.80 muestra la distribución de los datos para la longitud del cordón #30, la cual presenta un comportamiento no normal y un sesgo a la derecha de la curva, además se confirma esta aseveración con el valor de P-value igual a 0.022, inferior al valor mínimo de 0.05 para validar la normalidad de los datos. Se destaca la ampliación de la muestra de 30 a 41 lecturas para lograr normalizar los datos sin embargo esta acción no logro su objetivo y siguieron siendo no normales lo datos.

La especificación para este cordón es una longitud mínima de 20 mm y una máxima de 25 mm sin embargo el valor real mínimo es igual a 15.66 mm y 21.92 mm equivale al valor

real máximo, es decir que los datos se encuentran fuera de especificación y se observa como el valor de la media de 19.61 mm se encuentra también fuera de rango.

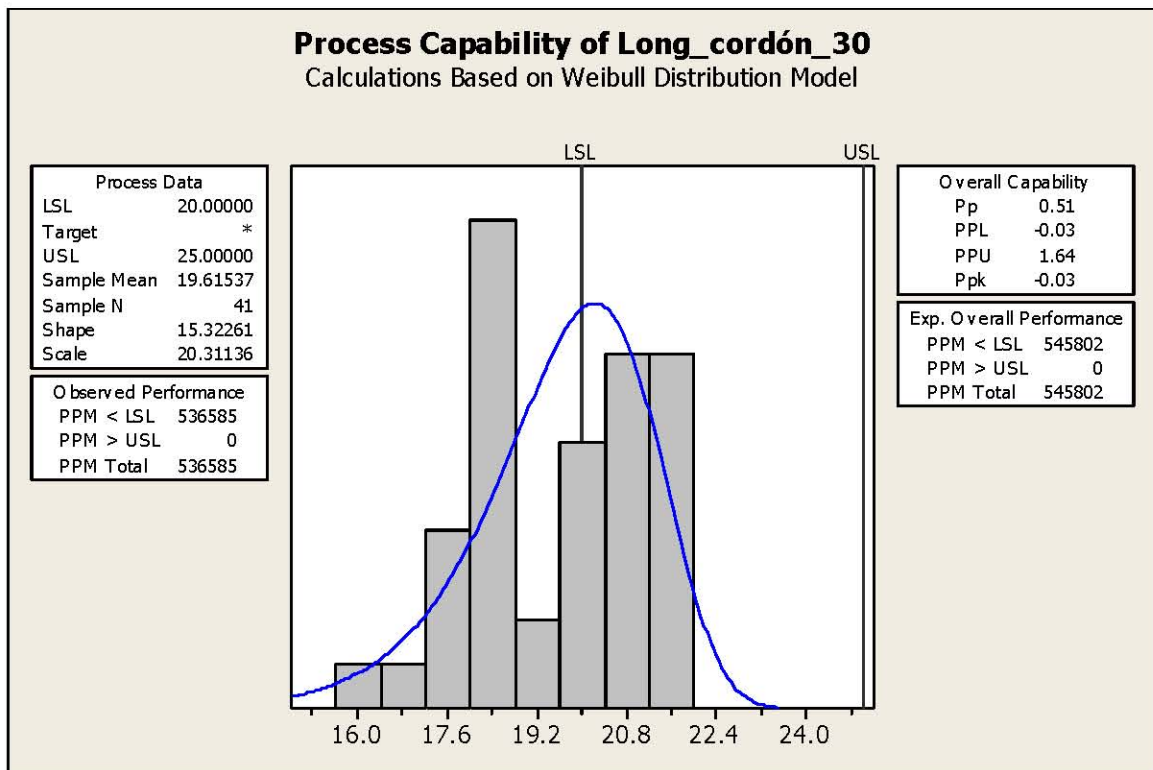


Figura 3.81 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #30.

La gráfica de la figura 3.81 muestra el análisis de la capacidad del proceso para la longitud del cordón #30, donde se observa que los datos se encuentran cercanos al límite inferior y algunos otros ni siquiera cumplen con la longitud mínima. Por la no normalidad de los datos y la variación que existe en el proceso, es primordial controlar las variables responsables de estos efectos para después centrar el proceso dentro de los límites y así cumplir con el requisito de seguridad de la longitud mínima.

Los cordones que no cumplen con la longitud mínima requerida por el cliente provocan que existan un total de 545, 802 PPM., dejando mucho que desear el desempeño del proceso para este cordón.

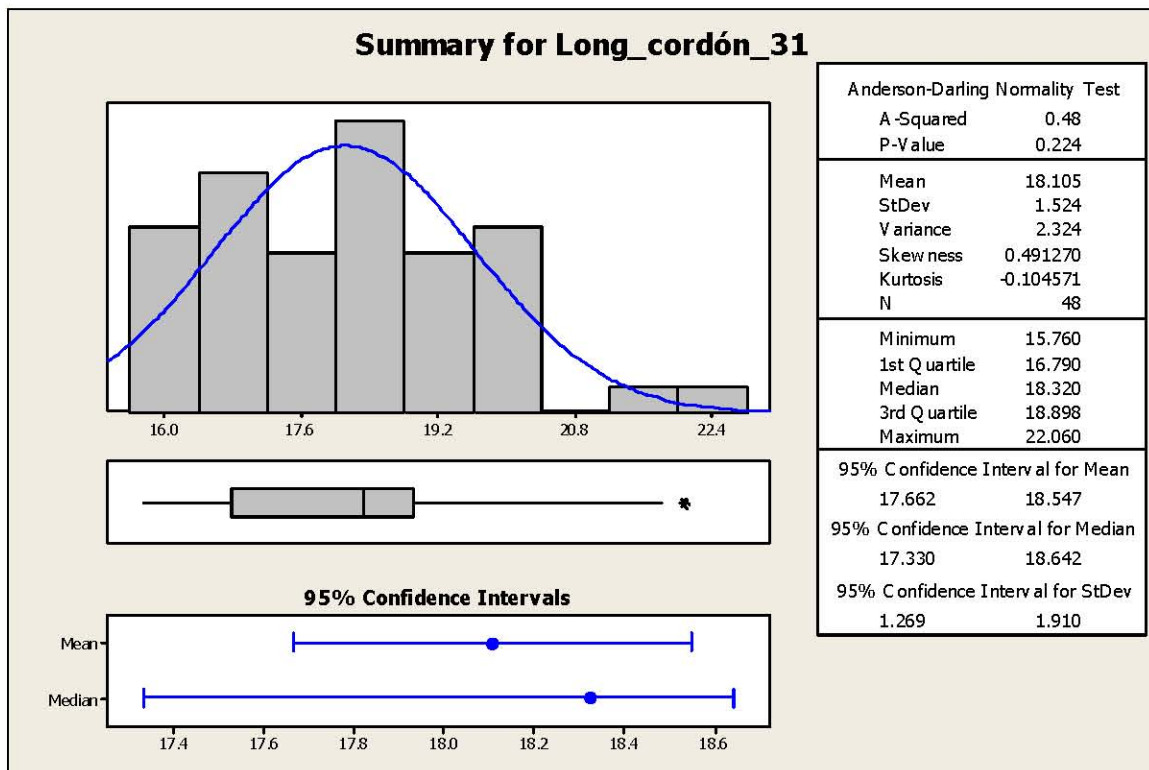


Figura 3.82 Gráfica Summary para la longitud del cordón #31, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La distribución de los datos para la longitud del cordón #31, presenta un punto aberrante simbolizado con un asterisco (debajo del número 22.4) en la gráfica de la figura 3.82; sin embargo, el comportamiento de los datos es normal según se confirma con el valor de P-value de 0.224. Para este cordón la media es de 18.105 mm y precisamente ahí es donde se alojan la mayor concentración de los datos. Se resalta la acción de ampliar la muestra de los datos de 30 a 48 lecturas para obtener datos normales para la longitud de este cordón.

La especificación para la longitud del cordón #31 es de 15 mm como valor mínimo y de 20 mm como valor máximo y aparentemente el rango real está muy cercano a estas longitudes con un valor mínimo de 15.76 mm y uno máximo de 22.06 mm. La variación de los datos es alta con un valor equivalente a 1.524 mm para la desviación estándar y un rango de 6.3 mm.

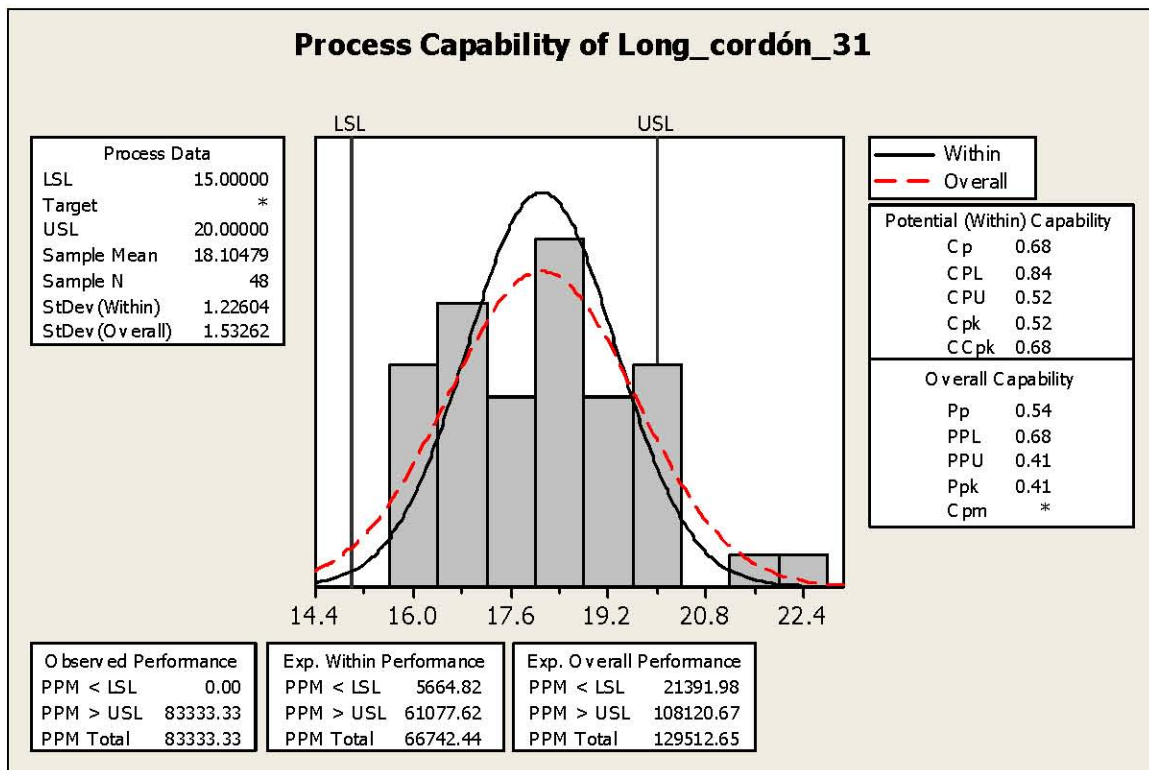


Figura 3.83 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #31.

El análisis de la capacidad del proceso se muestra en la gráfica de la figura 3.83, donde se observa como la gran mayoría de los datos se encuentran dentro de la especificación; sin embargo, existen unos datos aberrantes por encima del valor del límite superior. El valor del indicador C_p es igual a 0.68 y el valor de C_{pk} es de 0.52 y estos valores indican que el proceso se ve poco afectado por la variable “tiempo”. Es importante disminuir la variación que existe en el proceso y normalizar aún más los datos para obtener un mejor desempeño, para después centrar los datos lo más que se pueda al límite inferior y así lograr maximizar los ahorros obtenidos por disminuir el consumo de micro-alambre por operación al igual de los otros recursos de soldadura.

Los datos aberrantes son los principales responsables de tener un total de 129, 512.65 PPM en el proceso de la longitud del cordón #31.

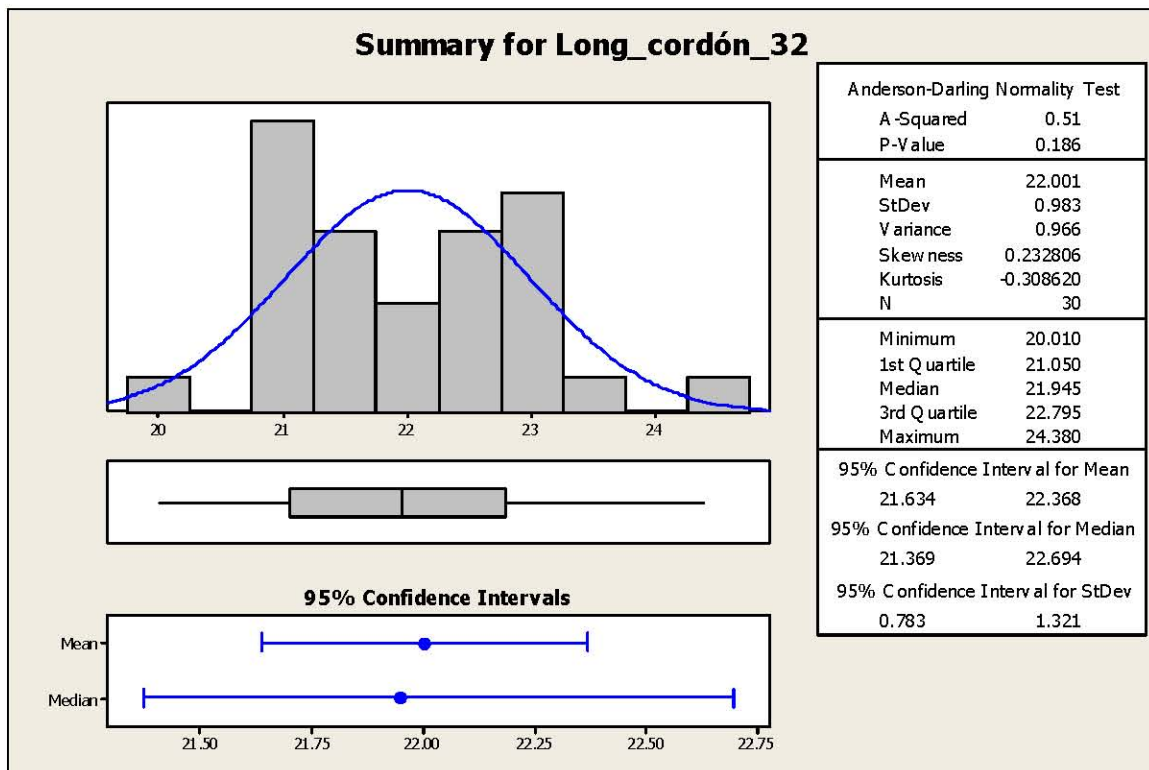


Figura 3.84 Gráfica Summary para la longitud del cordón #32, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La distribución de los datos para inferir sobre la longitud del cordón #32, de acuerdo a la gráfica de la figura 3.84 presenta un comportamiento normal al concentrar la mayor frecuencia de los datos alrededor de la media de 22 mm. Verificando la afirmación anterior el valor de P-value de 0.186 valida los datos como normales al cumplir con el valor mínimo de 0.05.

La especificación proporcionada por el cliente para la longitud del cordón #32 tiene un valor mínimo de 20 mm y un valor máximo de 25 mm, y como se observa en la gráfica de la figura 3.84 el rango real oscila entre 20.01 mm y 24.38 mm, por lo que aparentemente los todos los datos se encuentran dentro de especificación.

Para este cordón aún falta controlar la variación y así reducir el riesgo que la variable “tiempo” afecto a los datos y dejen de estar dentro de objetivo.

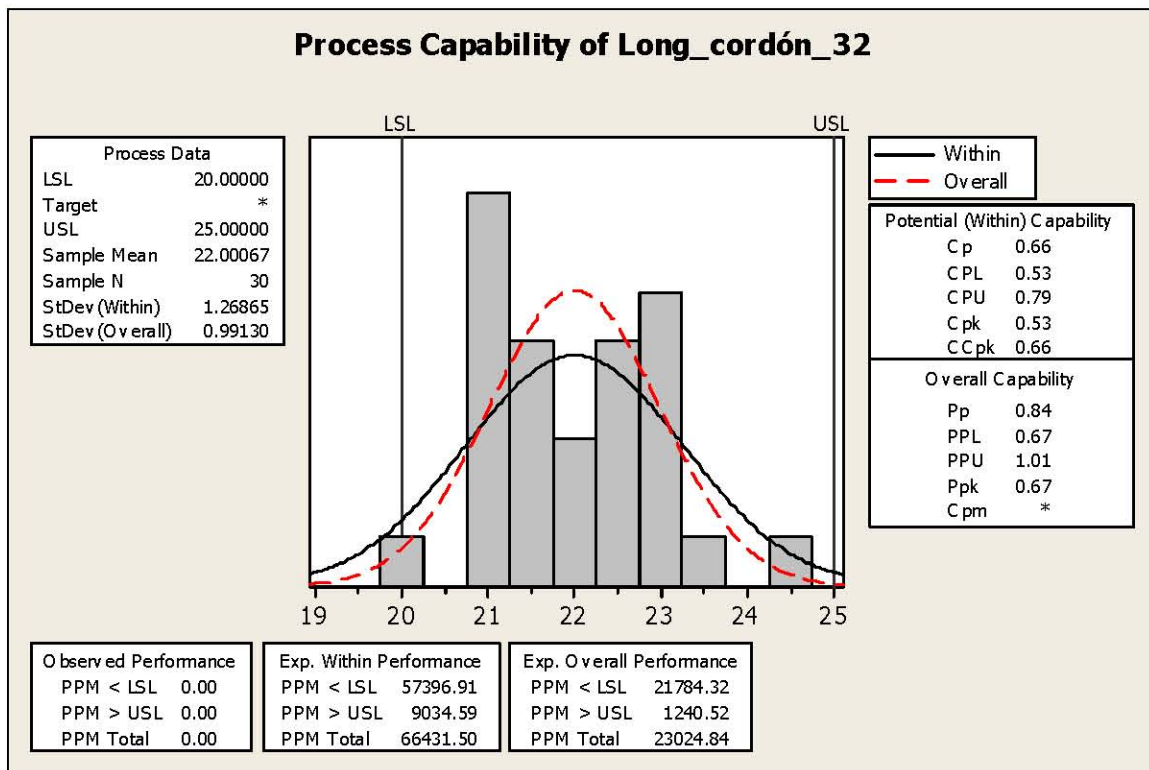


Figura 3.85 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #32.

La gráfica de la figura 3.85 muestra el análisis de capacidad con datos normales para la longitud del cordón #32. Todos los datos se encuentran dentro de especificación sin embargo la variación y poca normalidad de los datos provocan que el indicador Cp tenga un valor de 0.66 y el valor de Cpk sea de 0.53. Es decir, falta concentrar aún más los datos en la media que se encuentra dentro de objetivo y reducir la frecuencia de los datos que se encuentra en los extremos de la curva, disminuyen también la variación para cerrar el rango real que existe actualmente.

Definitivamente todos los datos para la longitud del cordón #32 se encuentran dentro del rango deseado; sin embargo, el proceso es algo sensible a la variable “tiempo” según se observa la diferencia de valores para los indicadores Cp y Cpk, por lo que para este proceso se tienen un total de 23,024.84 PPM.

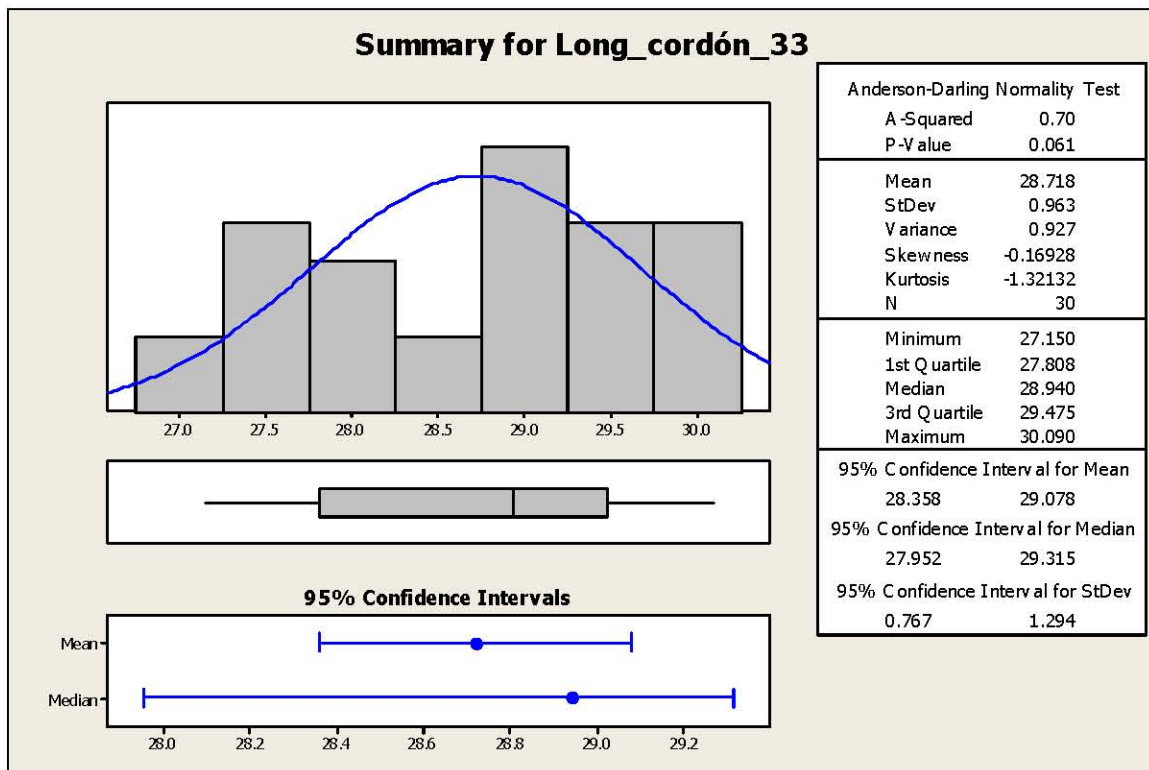


Figura 3.86 Gráfica Summary para la longitud del cordón #33, donde se muestra el comportamiento de los datos y el valor del P-Value.

La distribución de los datos para inferior sobre el comportamiento de la longitud del cordón #33 del sub-ensamble inferior trasero del SU-V6 se muestra en la figura 3.86, se observa como la mayor frecuencia de los datos está ubicada en 29 mm y la media de los datos es de 28.718 mm, es decir que si se cumple con que la mayor concentración de los datos se ubique alrededor de la media, sin embargo a los extremos de la curva hay concentración alta de datos que impactan en la normalidad de los datos. Al verificar el valor de P-value de 0.061 se confirma que los datos se distribuyen de manera normal aunque el valor es cercano al límite inferior de 0.05.

La especificación para la longitud del cordón #33 es de 30 mm como valor mínimo y 35 mm como valor máximo, de acuerdo a la gráfica de la figura 3.86 el rango real en el que oscilan los datos de 27.15 mm y 30.09 mm, es decir que los datos se encuentran en su

mayoría fuera de especificación. La variación que existe en la longitud de este cordón no es muy alta, al no superar 1 mm en el valor de la desviación estándar.

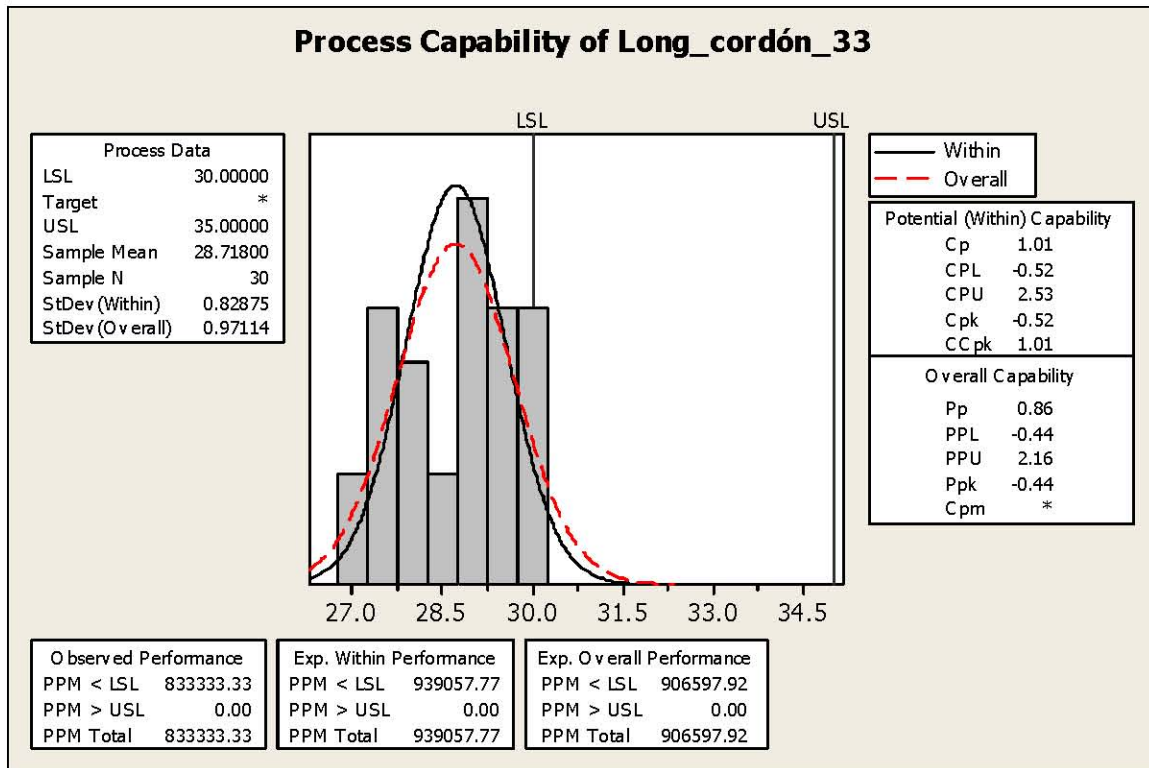


Figura 3.87 Gráfica del Análisis de la Capacidad del proceso para la longitud del cordón de soldadura #33.

El análisis de la capacidad del proceso para la longitud del cordón #33 se muestra en la gráfica de la figura 3.87, se observa como los datos se encuentran fuera de objetivo al estar desplazados a la izquierda del límite inferior. Es importante observar como la variable “tiempo” es significativa para este proceso, pues el valor de Cp es igual a 1.01 y se esperaría que el valor de Cpk disminuyera un poco por efecto de la variable “tiempo”, sin embargo la diferencia entre estos dos indicadores es muy amplia ya que el valor de Cpk es igual a -0.52, es decir que este indicador disminuyó 1.53 unidades respecto a Cp confirmando que la variable “tiempo” es significativa. Se tienen un total de 906,597.92 PPM principalmente por lo mencionado anteriormente.

Una vez que se conoce la capacidad del proceso de cada cordón que se aplica al sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6, se expresa en la tabla 3.9 la diferencia porcentual que existe entre la longitud media y la especificada por el cliente para cada cordón:

Tabla 3.9 Diferencia porcentual entre la longitud media y la longitud especificada por el cliente para cada cordón.

DIFERENCIA PORCENTUAL EN LA LONGITUD DE CORDONES			
No. De cordón	Longitud Especificada (mm)	Longitud media (mm)	Diferencia (%)
Cordón_1	10.00	14.520	45.20%
Cordón_2	10.00	13.300	33.00%
Cordón_3	30.00	41.235	37.45%
Cordón_4	20.00	20.440	2.20%
Cordón_5	15.00	22.398	49.32%
Cordón_6	15.00	20.721	38.14%
Cordón_7	10.00	10.682	6.82%
Cordón_8	25.00	24.111	-3.56%
Cordón_9	25.00	29.584	18.34%
Cordón_10	15.00	15.925	6.17%
Cordón_11	15.00	17.074	13.83%
Cordón_12	15.00	20.820	38.80%
Cordón_13	20.00	20.065	0.33%
Cordón_14	40.00	42.867	7.17%
Cordón_15	40.00	45.933	14.83%
Cordón_16	55.00	53.724	-2.32%
Cordón_17	10.00	11.338	13.38%
Cordón_18	10.00	12.482	24.82%
Cordón_19	30.00	35.781	19.27%
Cordón_20	30.00	36.213	20.71%
Cordón_21	15.00	20.061	33.74%
Cordón_22	15.00	19.759	31.73%
Cordón_23	15.00	18.195	21.30%
Cordón_24	25.00	27.407	9.63%
Cordón_25	15.00	20.046	33.64%
Cordón_26	15.00	18.857	25.71%
Cordón_27	20.00	19.574	-2.13%
Cordón_28	15.00	18.352	22.35%
Cordón_29	15.00	21.461	43.07%
Cordón_30	20.00	19.615	-1.93%
Cordón_31	15.00	18.105	20.70%
Cordón_32	20.00	22.001	10.01%
Cordón_33	30.00	28.718	-4.27%

3.2.2 Nivel “Sigma” del proceso de aplicación de los 33 cordones para el sub-ensamble inferior del SU-V6.

Una vez que se obtuvo la capacidad del proceso para la longitud de cada uno de los 33 cordones que se aplican al sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6, es necesario conocer el nivel “sigma” en el que se encuentra el proceso conjunto (33 cordones) de aplicación de cordones de soldadura basándose en la longitud de estos.

El nivel “sigma” es un indicador basado en las desviaciones estándar, que muestra la cantidad de piezas que no cumplen con la especificación. Para obtener el nivel “sigma” del proceso, es necesario ocupar una tabla de Excel ® (“sigma calculator”) diseñada por el Master Black Belt de SIU, la cual está programada (la fórmula no están sujetas a análisis, pues es requisito de SIU ocupar esta tabla) para desplegar el nivel “sigma” de un proceso conjunto con sólo ingresar el valor o tipo de los siguientes campos:

- Tipo de variable en el tiempo (corto o largo plazo)
- Tipo de distribución
- Valor de la media
- Valor de la desviación estándar
- Número total de PPM

La tabla de Excel ® despliega el valor de Z_{st} (a corto plazo), y de acuerdo a MDC [7] este indicador demuestra que tan pobre o buena es la tecnología del proceso, entiéndase tecnología como tan cerca o lejos se está del objetivo. El valor óptimo para Z_{st} debe ser mayor a 4.5, en caso de que decrezca se considera que el proceso tiende a perder tecnología y por tanto se encuentra fuera del objetivo deseado. También se da a conocer el valor de Z_{lt} , que se refiere a la capacidad del proceso a largo plazo y el total existente de PPM a largo plazo. La tabla 3.10 muestra Z_{st} con un valor negativo de -3.47, que significa que el proceso se encuentra con pobre tecnología y por consecuencia las longitudes están fuera de

Tabla 3.10 Calculador “sigma” del proceso de aplicación de 33 cordones al subensamblado inferior del asiento trasero del SU-V6, en base a la longitud de estos.

Sigma Value Calculator

Product/Process:		Sigma Level Calculation			Variable						
Process Y	Description (Process Y's)	Long Term / Short Term σ	Data Type	Distribution	Mean	Standard Deviation	PPM	Sigma (Long Term)	Sigma (Short Term)	zPPM (LT)	Individual PPM
2	Longitud de cordón 2	LT	Variable	Normal	13.300	0.639	4,314	2.63	4.13	0.004314	4,314
3	Longitud de cordón 3	LT	Variable	Normal	41.235	0.570	1,000,000	-6.00	-4.50	1.000000	1,000,000
4	Longitud de cordón 4	LT	Variable	Normal	20.440	0.398	329,595	0.44	1.94	0.329595	329,595
5	Longitud de cordón 5	LT	Variable	Normal	22.338	1.372	958,915	-1.74	-0.24	0.958915	958,915
6	Longitud de cordón 6	LT	Variable	Normal	20.721	0.677	854,305	-1.06	0.44	0.854305	854,305
7	Longitud de cordón 7	LT	Variable	Normal	10.682	0.532	101,875	1.27	2.77	0.101875	101,875
8	Longitud de cordón 8	LT	Variable	Weibull	24.111	1.748	647,849	-0.38	1.12	0.647849	647,849
9	Longitud de cordón 9	LT	Variable	Normal	29.584	1.230	368,786	0.34	1.84	0.368786	368,786
10	Longitud de cordón 10	LT	Variable	Weibull	15.325	1.057	326,333	0.45	1.95	0.326333	326,333
11	Longitud de cordón 11	LT	Variable	Weibull	17.074	2.584	315,387	0.48	1.98	0.315387	315,387
12	Longitud de cordón 12	LT	Variable	Normal	20.820	0.849	830,985	-0.96	0.54	0.830985	830,985
13	Longitud de cordón 13	LT	Variable	Normal	20.065	0.640	459,721	0.10	1.60	0.459721	459,721
14	Longitud de cordón 14	LT	Variable	Weibull	42.867	1.332	122,700	1.16	2.66	0.122700	122,700
15	Longitud de cordón 15	LT	Variable	Normal	45.333	1.461	736,833	-0.63	0.87	0.736833	736,833
16	Longitud de cordón 16	LT	Variable	Weibull	53.724	1.473	777,361	-0.76	0.74	0.777361	777,361
17	Longitud de cordón 17	LT	Variable	Normal	11.338	0.579	10,963	2.29	3.79	0.010963	10,963
18	Longitud de cordón 18	LT	Variable	Weibull	12.482	2.021	210,796	0.80	2.30	0.210796	210,796
19	Longitud de cordón 19	LT	Variable	Normal	35.781	0.781	839,172	-0.99	0.51	0.839172	839,172
20	Longitud de cordón 20	LT	Variable	Weibull	36.213	2.034	737,363	-0.64	0.86	0.737363	737,363
21	Longitud de cordón 21	LT	Variable	Weibull	20.061	1.395	579,440	-0.20	1.30	0.579440	579,440
22	Longitud de cordón 22	LT	Variable	Weibull	19.759	0.943	456,868	0.11	1.61	0.456868	456,868
23	Longitud de cordón 23	LT	Variable	Normal	18.195	1.054	46,012	1.68	3.18	0.046012	46,012
24	Longitud de cordón 24	LT	Variable	Normal	27.407	0.977	11,514	2.27	3.77	0.011514	11,514
25	Longitud de cordón 25	LT	Variable	Weibull	20.046	1.422	579,289	-0.20	1.30	0.579289	579,289
26	Longitud de cordón 26	LT	Variable	Weibull	18.857	1.767	301,555	0.52	2.02	0.301555	301,555
27	Longitud de cordón 27	LT	Variable	Normal	19.574	1.555	607,632	-0.27	1.23	0.607632	607,632
28	Longitud de cordón 28	LT	Variable	Weibull	18.352	1.630	249,124	0.68	2.18	0.249124	249,124
29	Longitud de cordón 29	LT	Variable	Normal	21.461	2.685	713,697	-0.56	0.94	0.713697	713,697
30	Longitud de cordón 30	LT	Variable	Weibull	19.615	1.560	545,802	-0.12	1.38	0.545802	545,802
31	Longitud de cordón 31	LT	Variable	Normal	18.105	1.524	129,513	1.13	2.63	0.129513	129,513
32	Longitud de cordón 32	LT	Variable	Normal	22.001	0.983	23,025	1.99	3.49	0.023025	23,025
33	Longitud de cordón 33	LT	Variable	Normal	28.718	0.963	906,598	-1.32	0.18	0.906598	906,598
Total DPU										14.902189	
1-(e^{-DPU})=										1.000000	
Z_{LT}										-4.97	
Z_{ST}										-3.47	
PPM_{LT}										1,000,000	

especificación. El nivel “sigma” describe el porcentaje de piezas dentro de especificación; por lo que un nivel 6 sigma cubre con el 99.99966%, y en este proceso se tiene un valor de -3.47 es lógico que exista un total de 1, 000,000 de PPM.

3.2.3 Recolección de datos para la “línea base” del peso de los cordones.

Se cuantifica el peso de los 33 cordones de cada pieza y se repite la operación hasta completar un total de 30 piezas. En la tabla 3.11 se muestra las 30 lecturas del peso (N) de los cordones, la cual se obtuvo de la diferencia del peso final de la pieza y el peso inicial de la pieza; la primera hace referencia a la pieza después de aplicarle los 33 cordones de soldadura y la segunda es previo al proceso de soldadura en el robot 9. Se resalta la importancia del peso de los cordones, pues en ella se reflejará el ahorro real de consumo en micro-alambre para la operación de soldadura.

Tabla 3.11 Lecturas realizadas al peso de cordones de soldadura (33) utilizando 30 piezas escogidas aleatoriamente.

PESO DE LOS CORDONES (33) APLICADOS AL SUB-ENSAMBLE			
No. De pieza	Peso del sub-ensamble SIN soldadura	Peso del sub-ensamble CON soldadura	Peso cordones (N)
Pieza_1	25.879	26.212	0.334
Pieza_2	25.898	26.232	0.334
Pieza_3	25.898	26.252	0.353
Pieza_4	25.879	26.271	0.392
Pieza_5	25.849	26.281	0.432
Pieza_6	25.849	26.301	0.451
Pieza_7	25.928	26.320	0.392
Pieza_8	25.879	26.330	0.451
Pieza_9	25.849	26.330	0.481
Pieza_10	25.898	26.340	0.441
Pieza_11	25.849	26.340	0.491
Pieza_12	25.879	26.350	0.471
Pieza_13	25.889	26.350	0.461
Pieza_14	25.898	26.350	0.451
Pieza_15	25.849	26.369	0.520
Pieza_16	25.879	26.389	0.510
Pieza_17	25.889	26.389	0.500
Pieza_18	25.879	26.389	0.510
Pieza_19	25.898	26.389	0.490
Pieza_20	25.898	26.399	0.500
Pieza_21	25.898	26.399	0.500
Pieza_22	25.849	26.399	0.549
Pieza_23	25.879	26.428	0.549
Pieza_24	25.889	26.428	0.540
Pieza_25	25.898	26.448	0.549
Pieza_26	25.879	26.448	0.569
Pieza_27	25.879	26.448	0.569
Pieza_28	25.889	26.467	0.579
Pieza_29	25.879	26.487	0.608
Pieza_30	25.889	26.497	0.608

Los datos de la tabla 3.11 no pueden mostrar la capacidad del proceso debido a que no existe ninguna especificación y por tanto sólo se despliega en la figura 3.88 un histograma donde se muestra el valor de la media igual **0.486 Newtons**.

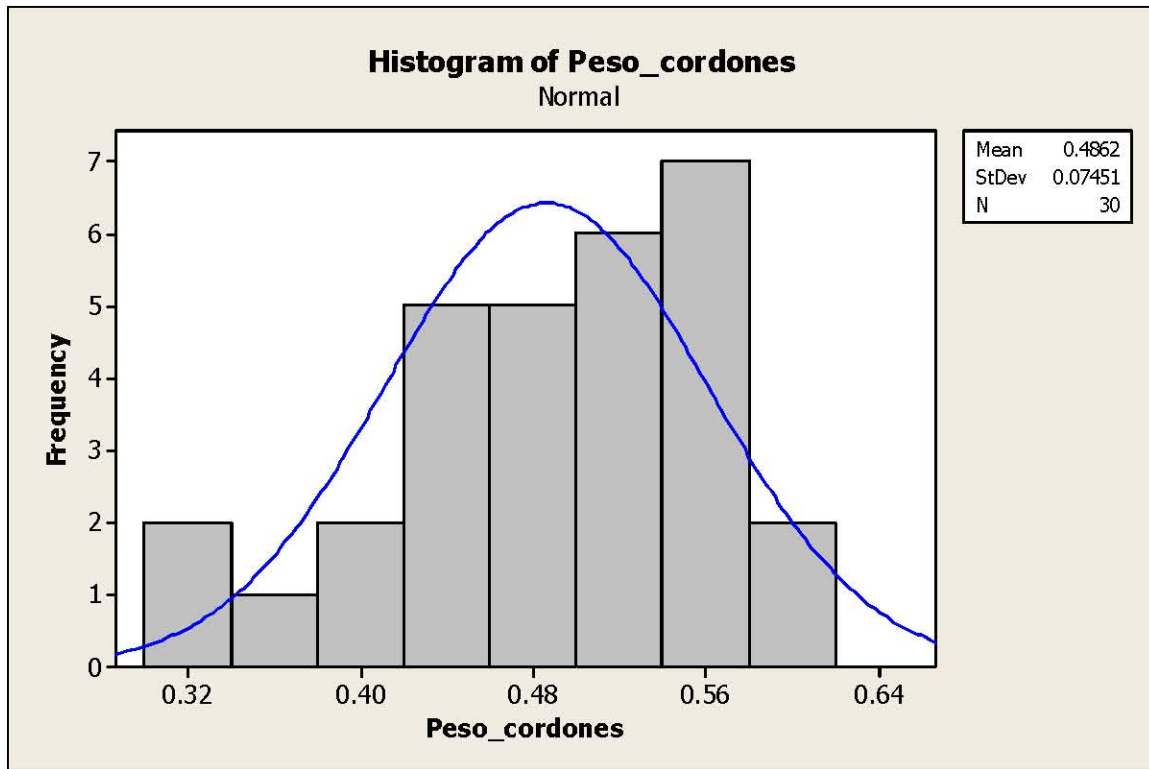


Figura 3.88 Histograma del peso de los cordones.

3.2.4 Recolección de datos para la “línea base” para el tiempo ciclo en la aplicación de cordones de soldadura en el sub-ensamble inferior del asiento trasero del SU-V6.

Se cuantifica el tiempo ciclo de la aplicación de los 33 cordones, y se toma la lectura del tiempo ciclo por pieza, y se repite la operación hasta completar un total de 30 piezas. El tiempo ciclo se entiende por el total de segundos que tarda el herramental en girar, la aplicación de los 33 cordones y el giro final del herramental. En la tabla 3.12 se muestra las 30 lecturas del tiempo ciclo por pieza (segundos). El tiempo ciclo es un objetivo muy

importante para SIU debido a que en este proceso no se alcanza el total de piezas deseadas por día para satisfacer la demanda del cliente, y para este proceso el que rige el tiempo ciclo es el robot y no el operador, al ser más largo el tiempo que tarda el robot al soldar que el operador al realizar su función. Cada segundo ganado en el tiempo ciclo por pieza significa producir una pieza más al final de cada turno completo, lo que da una idea del efecto de un proyecto “six sigma”.

Tabla 3.12 Lecturas realizadas al tiempo ciclo del proceso.

Tiempo ciclo del proceso (segundos)	
No. De pieza	Tiempo ciclo
Pieza_1	150.81
Pieza_2	151.01
Pieza_3	151.24
Pieza_4	151.50
Pieza_5	151.06
Pieza_6	151.24
Pieza_7	150.78
Pieza_8	151.09
Pieza_9	153.69
Pieza_10	151.28
Pieza_11	152.79
Pieza_12	154.01
Pieza_13	154.07
Pieza_14	153.04
Pieza_15	154.44
Pieza_16	154.33
Pieza_17	153.55
Pieza_18	153.49
Pieza_19	155.50
Pieza_20	154.87
Pieza_21	154.67
Pieza_22	153.34
Pieza_23	153.33
Pieza_24	153.50
Pieza_25	154.66
Pieza_26	151.99
Pieza_27	152.33
Pieza_28	154.88
Pieza_29	153.70
Pieza_30	152.78

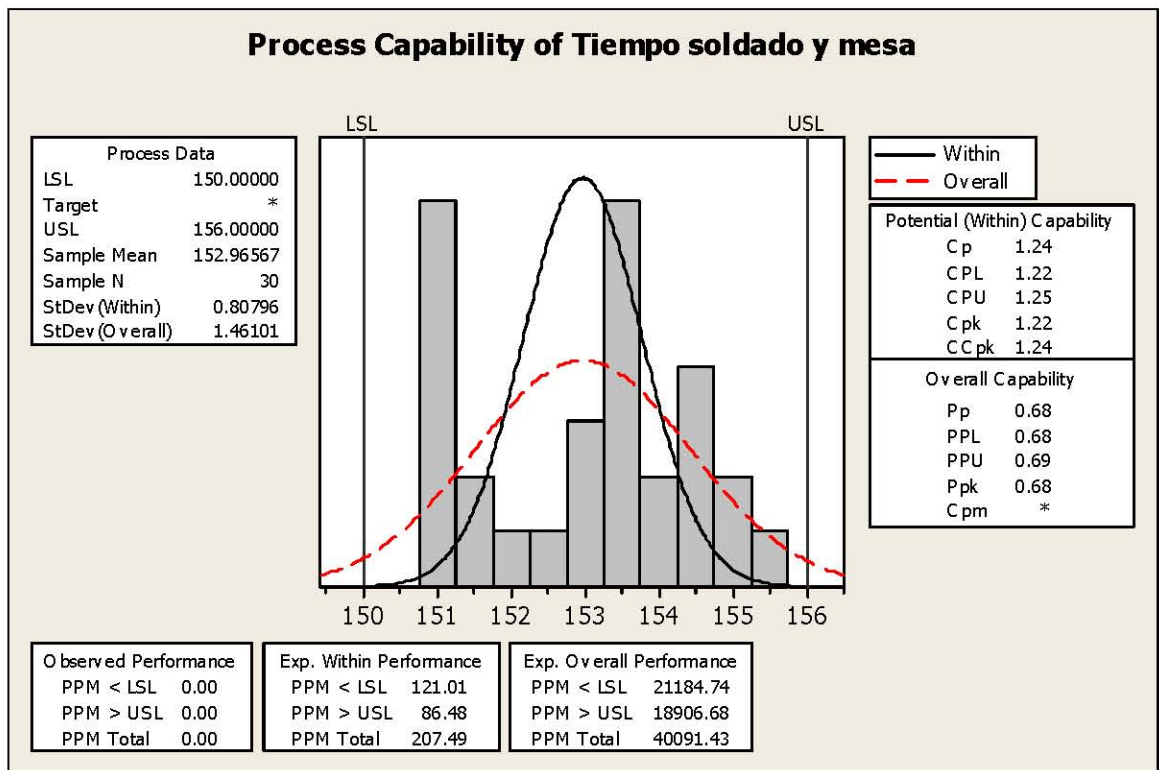


Figura 3.89 Gráfica de la capacidad del proceso del tiempo ciclo.

La gráfica de la figura 3.89 muestra como se encuentra el tiempo ciclo del proceso, el cual muestra variación dependiente de la longitud de los cordones. El tiempo ciclo abarca los segundos que tarda la mesa del herramental que contiene al sub-ensamble inferior en girar y posicionar la pieza para que el robot pueda aplicar los cordones, así como el tiempo de aplicación de los cordones que depende de la longitud de los cordones y por último los segundos que tarda el brazo del robot en posicionarse entre cordón y cordón. La forma de impactar el tiempo ciclo es controlando y centrando la longitud de los cordones a su especificación inferior.

La media del tiempo ciclo es de 152.96 segundos sin embargo existe variación que oscila en valores de hasta 155 segundos y como se mencionó anteriormente cada segundo que se reduzca el tiempo ciclo impacta de tal manera que al final de cada turno completo se puede producir una pieza más.