

Fernández, José L. (Febrero 2004). **Incremento del rendimiento tecnológico en decapado mediante la eliminación del descarte de la sección soldada.** Práctica Profesional. Departamento de Ingeniería Industrial. Vice-rectorado Puerto Ordaz. UNEXPO. Tutor Académico: Ing. Andrés Blanco. Tutor Industrial: Roberto Gil.

RESUMEN

En este trabajo se determinó por primera vez una propuesta de límites de control de las variables de la soldadura, para establecer un criterio de aceptación y rechazo entre las mismas, así como las condiciones óptimas para la cuadratura ortogonal entre bandas y un cepillado ideal. Todo esto con el objetivo principal de que el cliente interno acepte la sección soldada como parte de la bobina de acero y así eliminar dicho descarte para incrementar la productividad, disminuir el tiempo de operaciones e incrementar el tiempo efectivo de las líneas de Decapado. Para cumplir con este objetivo fue necesario realizar un estudio estadístico de tipo descriptivo y de campo, para obtener el tiempo de la operación del descarte, la disponibilidad de la grúa de desalojo de chatarra y el peso real del descarte para saber como incidirá en la productividad. Los instrumentos utilizados fueron los siguientes: máquina de prueba de embutido, cronómetro, calculadora, cinta métrica y computadora. Los resultados obtenidos muestran que la variable de soldadura más crítica es la corriente (A), y también que el desempeño de los operarios es primordial para conseguir los objetivos planteados en esta investigación. Finalmente se presentan las conclusiones obtenidas durante el estudio y las recomendaciones hechas en base a los resultados obtenidos.

INTRODUCCIÓN

La empresa Siderúrgica del Orinoco (SIDOR C.A), tiene como misión principal producir y comercializar productos de acero, a través de sus diferentes líneas de producción, a precios competitivos para su exportación tanto en el mercado interno como el externo. Desde su inicio SIDOR C.A. se conoció como una empresa productiva y rentable, sin embargo, después de su privatización ha emprendido un plan de reducción de costos operativos con el objetivo de aumentar su productividad y rentabilidad.

Dentro de la estructura de SIDOR C.A. se encuentra el área de Decapado cuyo objetivo principal es remover el óxido generado en el proceso de laminación en caliente preservando el acero de la superficie de las bobinas. Las líneas de Decapado son alimentadas con bobinas en caliente en un proceso por lote una a una ; estas se sueldan para sumergirlas en ácido clorhídrico a velocidad constante y luego, a la salida ,se vuelven a separar, cortando el cordón de soldadura mediante una cizalla transversal, que descarta una sección de la bobina que contiene el cordón de soldadura .

Este trabajo esta orientado a lograr incrementar el rendimiento tecnológico de las líneas de Decapado mediante la eliminación del descarte de la sección soldada y así aumentar su productividad, reducir el tiempo total del proceso y aumentar el tiempo disponible de la grúa que desaloja la chatarra; todo esto con el objetivo de cumplir con el plan de reducción de costos, mejoramiento continuo y optimización de recursos implementado en SIDOR C.A.

La investigación está estructurada de la siguiente manera:

CAPÍTULO I: Conformado por el Planteamiento del problema, Objetivos planteados, Justificación de la investigación, Alcance y Limitaciones presentadas durante el desarrollo del trabajo.

CAPÍTULO II: Presenta una breve descripción de la empresa y descripción del área de Decapado.

CAPÍTULO III: Contempla el Marco Teórico que sustenta la investigación.

CAPITULO IV: Formado por el Marco Metodológico bajo el cual se realizó el trabajo, indica el Tipo de Estudio, Población y Muestra, Instrumentos para la recolección de datos y el Procedimiento que se siguió para realizar la investigación.

CAPÍTULO V: Presenta los resultados obtenidos en el estudio.

Por último se indican las Conclusiones y Recomendaciones emanadas de la investigación, así como también la bibliografía consultada y anexos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Actualmente en las líneas de Decapado continuo I y II, después de efectuarse el proceso de remoción del óxido de la superficie del acero laminado en caliente, se descarta la sección soldada (esta es desechada como chatarra para luego reprocesarla) ya que sólo es necesario que la soldadura resista el decapado. A pesar de que el proceso de soldadura cumple con el objetivo de darle continuidad al proceso y resistir el decapado, las condiciones en que se encuentra no son suficientes para el nuevo objetivo que tiene la empresa de no descartar dicha sección para que en un futuro sea laminable. Esta situación obliga a optimizar las condiciones actuales del proceso de soldadura que involucra también al cepillado y a la cuadratura de las bandas soldadas.

Este trabajo forma parte de las estrategias de optimización de las operaciones para reducir los costos operativos, logrando así alcanzar un nivel óptimo y las mejores condiciones de productividad y rentabilidad.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La sección soldada que actualmente es descartada en las líneas de Decapado I y II de SIDOR C.A., implica una pérdida de material, lo cual resta productividad y aumenta el tiempo final del proceso. Esta investigación persigue lograr establecer las condiciones

necesarias para que dicho descarte se elimine, es decir, no sea necesario descartar esa sección de la bobina de acero, y así las líneas aumenten su rendimiento.

La soldadura será entonces entregada al cliente interno que estaría dispuesto a recibirla si se cumplen tres condiciones fundamentales que serán abordadas en este trabajo :

- 1- Una resistencia mínima de la soldadura
- 2- Un acabado óptimo de la soldadura.
- 3- Una cuadratura entre las bandas soldadas lo suficientemente precisa.

Cabe destacar que SIDOR C.A. a futuro tiene el objetivo de laminar la soldadura en el siguiente proceso (Tandem), por lo cual la soldadura debe cumplir con las condiciones expuestas anteriormente.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Entre las razones mas importantes que sustentan la investigación se encuentran: en primer lugar el incremento del rendimiento de las líneas, impactando ésto positivamente en su productividad, ya que al eliminar el descarte de la sección soldada se gana material, lo que aumenta el tonelaje /hora producido en estas líneas. En segundo lugar, disminuye el tiempo final del proceso al eliminar la operación de descarte. En tercer lugar permite aumentar el tiempo disponible de la grúa ya que ésta, actualmente tiene que utilizarse diariamente para botar la caja de chatarra donde se desecha el descarte, disminuyendo la disponibilidad de este útil equipo.

1.4 ALCANCE

La investigación se realizó en la línea de Decapado I debido a que ésta fue preparada para la realización del estudio, pero la intención es utilizar los resultados para aplicar la mejora también en Decapado II, pues ambas líneas son muy similares.

1.5 LIMITACIONES

Los factores que fueron limitantes durante el desarrollo de la elaboración de este trabajo son:

- Los paros sindicales que se presentaron eventualmente.
- El estudio se realizó solo en el 2do turno (7 am -3 pm) dejando por fuera los otros dos turnos.
- Las constantes fallas que presentó el equipo que grafica las variables de la soldadura que no permitió el estudio de tres de las variables de la soldadura.

1.6 OBJETIVO GENERAL

Incrementar el rendimiento tecnológico en Decapado mediante la eliminación del descarte de la sección soldada.

1.6.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recaudar información bibliográfica referente al problema planteado.
- Establecer límites de control de los parámetros de la soldadura que permitan determinar si una soldadura se acepta o se rechaza.
- Determinar las condiciones necesarias para que el cepillado de la soldadura sea limpio y óptimo, para que en un futuro pueda ser laminable en el siguiente proceso (Tandem).
- Establecer las condiciones necesarias para que la cuadratura de las bandas antes de soldar sean ortogonales, y así evitar desviaciones a lo largo de la banda soldada.

- Calcular el peso exacto del descarte para calcular la cantidad de material desperdiciado y el ahorro en el que se incurrirá.
- Calcular el tiempo que tarda el operario en descartar la sección soldada .
- Reducir el tiempo final del proceso eliminando la operación en donde descartan la sección soldada.
- Aumentar la disponibilidad diaria de la grúa eliminando el desalojo diario de la caja donde se desecha el descarte.

CAPITULO II

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 LA EMPRESA

En 1964 es creada la empresa C.V.G Siderúrgica del Orinoco. (SIDOR) y es alrededor del año 1978, que se crea la planta de laminación. Varias investigaciones fueron realizadas desde la década de los 80 estaban encaminadas hacia la automatización de estos procesos. El 18 de Diciembre de 1997 el gobierno venezolano privatiza SIDOR después de cumplir un proceso de licitación pública ganado por el consorcio Amazonia, holding conformado por cinco de las empresas más importantes de América Latina en el área de producción de acero. La oferta realizada por del Consorcio Amazonia estuvo 5% por encima a la oferta de su competidor más cercano y el 27 de Enero de 1998, C.V.G. SIDERURGICA DEL ORINOCO, C.A. (SIDOR) pasa a ser una empresa privada. SIDOR fue la última gran empresa siderúrgica privatizada en Latinoamérica.

2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La empresa Siderúrgica del Orinoco, se encuentra ubicada al norte del Estado Bolívar dentro del perímetro urbano de Ciudad Guayana, Estado Bolívar, en la zona Industrial Matanzas, Sobre la margen derecha del río Orinoco, a unos 17 kilómetros de su confluencia con el río Caroní y a 300 kilómetros de la desembocadura del río Orinoco en el Océano Atlántico. Está conectada con el resto del país por vía terrestre, y por vía fluvial-marítima con el resto del mundo, a través del río Orinoco y Caroní como lo muestra la figura 1.



Figura 1. Ubicación Geográfica de la Empresa

2.3 POLÍTICAS DE TRANSFORMACIÓN DE SIDOR C.A.

2.3.1 POLÍTICA DE CALIDAD.

"SIDOR tiene como compromiso la búsqueda de la excelencia empresarial con un enfoque dinámico que considera sus relaciones con los clientes, accionistas, empleados, proveedores y la comunidad, promoviendo la calidad en todas sus manifestaciones, como una manera de asegurar la confiabilidad de sus productos siderúrgicos, la prestación de servicios y la preservación del medio ambiente".

"El compromiso con esta política de calidad es responsabilidad de todos los integrantes de la empresa".

2.3.2 POLÍTICA DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL.

"SIDOR en la fabricación y la comercialización de sus productos de acero, considera que su capital más importante es su personal y por ello juzga prioritario el cuidado de su seguridad y salud en el ámbito laboral".

Esta política esta dirigida al desarrollo de todas sus instalaciones industriales en modelos de gestión de trabajo seguro y eficiente, proyectando sus programas de seguridad a la comunidad.

"Un accidente podrá ser explicado pero nunca justificado".

2.3.3 POLÍTICA DEL MEDIO AMBIENTE.

SIDOR C.A. considera a la variable ambiente como uno de los pilares para la fabricación comercialización de acero de calidad internacional.

2.4 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA

El consorcio plantea una estructura organizativa en la que se distribuyen las posiciones siguiendo en lo posible una tendencia horizontal que centra las actividades por ambiente de especialización y que persigue hacer una empresa más dinámica para el alcance de los objetivos planteados a corto plazo. En el nuevo organigrama se busca lograr la mayor eficiencia y eficacia en la obtención de los resultados, tendiendo siempre al trabajo en equipo y a las interrelaciones que siguen direcciones matriciales.

- **Junta Directiva:** Es la encargada de planificar, discutir y aprobar las estrategias a seguir en la empresa. Formula decisiones importantes dentro de las políticas del directorio.
- **Presidencia Ejecutiva:** Se encarga de dirigir, organizar, coordinar y controlar todas las actividades de la empresa. Es la representante de SIDOR en los aspectos legales y sociales.
- **Dirección Administrativa:** presenta los servicios de contabilidad, auditoria y sistema de información.

- **Dirección Industrial:** Se encarga de fabricar productos siderúrgicos prestando sus servicios Industriales requeridos de manera competitiva y rentable.
- **Dirección de Relaciones Institucionales:** Se encarga de promover la imagen institucional de la empresa a través de la interpelación con su entorno relevante.
- **Dirección de Recursos Humanos:** Se encarga de formular y aplicar las políticas y estrategias corporativas en el ámbito sociolaboral, comunicacional y servicios al personal.
- **Dirección Finanzas:** Se encarga de administrar y asegurar el adecuado rendimiento de los recursos financieros de la compañía.
- **Dirección de Planificación:** Se encarga de proponer e impulsar las políticas y estrategias corporativas, en materia comercial, operativa, financiera y de control de gestión.
- **Dirección Asuntos Legales:** Se encarga de garantizar la actuación de la empresa dentro del marco legal vigente y representarla ante terceros en todos los aspectos jurídicos en los que estén involucrados sus derechos e intereses.
- **Dirección Comercial:** Se encarga de comercializar y despachar los productos siderúrgicos en condiciones de calidad y oportunidad competitiva.
- **Dirección Abastecimiento:** Se encarga de obtener y suministrar materiales, insumos y servicios requeridos por la empresa para sus operaciones.

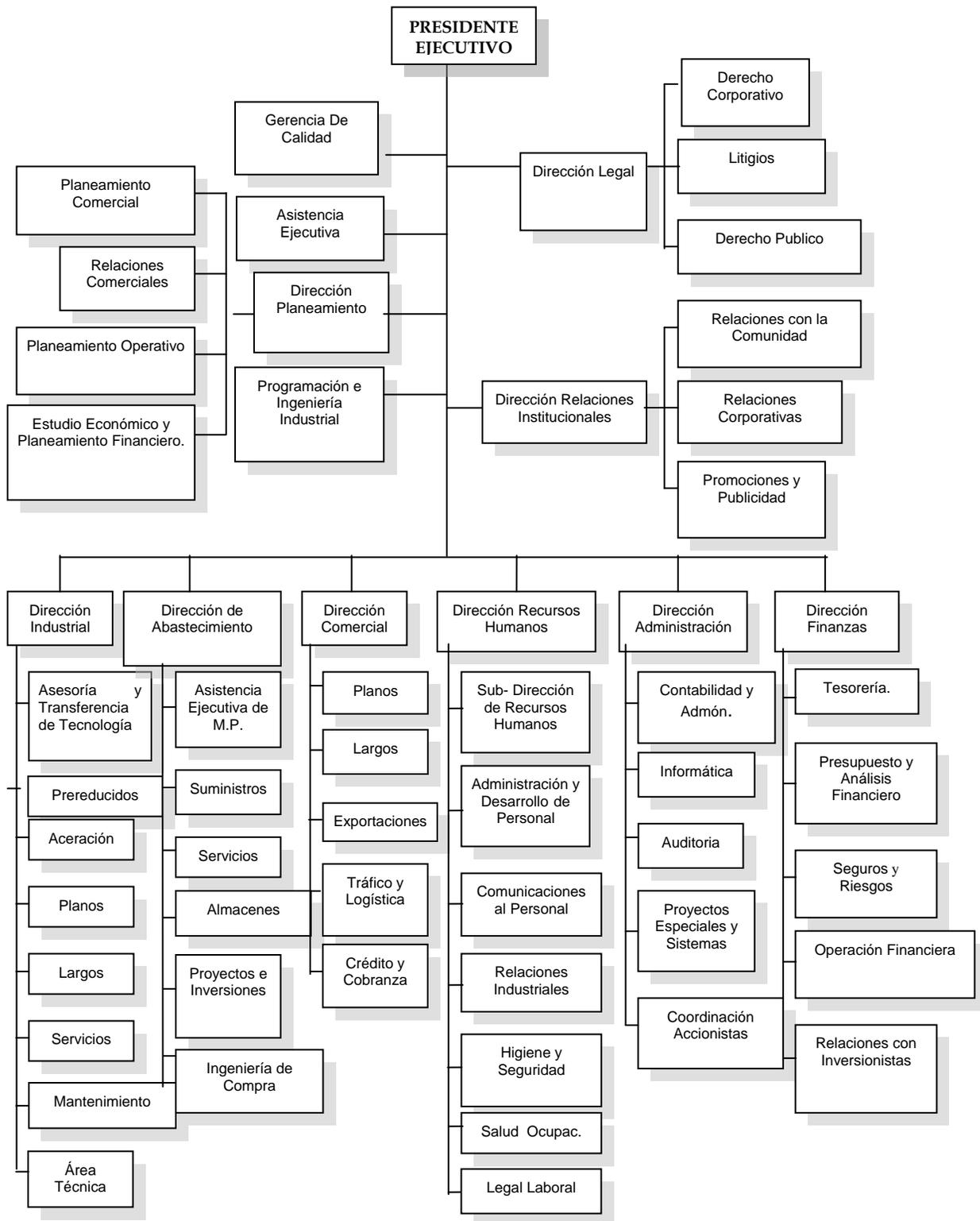


Figura 2. Organigrama de SIDOR

2.5 DEBILIDADES Y FORTALEZAS DE SIDOR

2.5.1 FORTALEZAS

- ✓ El optimismo, confianza y convicción de los inversionistas, de que SIDOR se puede convertir en un tiempo reducido de alrededor de cuatro años en una de las Empresas Siderúrgicas más importantes del mundo.
- ✓ El Consorcio Amazonia tiene un tremendo desafío y motivación para instalar la transformación y un potencial de ganancia de productividad sobre la base de la utilización de los recursos que hoy están paralizados dentro de la propia organización.
- ✓ Tiene precios de mineral de hierro, de energía y de gas mucho mas barato que el resto de sus competidores mundiales por su posición geográfica.
- ✓ Tiene un pilar fundamental el recurso humano, el cual con capacitación, entrenamiento, trabajo conjunto y entendimiento, se pueda entender la tarea de desarrollar y llevar a la empresa a donde debe estar.

2.5.2 DEBILIDADES

- ✓ Las perspectivas de crecimiento del producto interno bruto están impactadas por un ambiente de inflación.
- ✓ Debe soportar la existencia de precios de dumping y prácticas de comercio desleal producidos luego de la crisis del sureste asiático y su extensión a Korea y Japón
- ✓ Sustitución de envases de acero por envases de aluminio o de polímeros.

2.6 VISIÓN DE LA EMPRESA

SIDOR tendrá estándares de competitividad similares a los productores de acero más eficientes y estará ubicada entre las mejores siderúrgicas del mundo, unidad de negocios orientada al mercado y focalizada hacia la atención integral de sus clientes, manteniendo un liderazgo en sus mercados primarios, sostenido mediante una continua mejora y adecuada tecnología de sus procesos e instalaciones.

2.7 MISIÓN DE LA EMPRESA

Comercializar y producir hierro, reducción directa, planchones laminados planos en caliente, en frío y recubiertos, de manera eficiente, competitiva y rentable, propiciando la satisfacción de accionistas, clientes y trabajadores.

2.8 OBJETIVOS DE LA EMPRESA

- Optimizar la producción y los beneficios de la empresa en función de las exigencias del mercado, en cuanto al volumen, calidad u oportunidad.
- Alcanzar la independencia, dominio y desarrollo de la tecnología siderúrgica.
- Lograr mantener una estructura financiera sana para la empresa, teniendo presente los requerimientos propios y la política financiera
- Satisfacer los requerimientos y expectativas de los clientes.
- Educar y motivar al personal en la mejora continua de la calidad del trabajo.

2.9 SIDOR HOY DESPUÉS DEL CAMBIO

En diciembre de 1997, el Consorcio Amazonia, conglomerado de empresas latinoamericanas líderes en el sector siderúrgico, adquirió el 70% del paquete accionario de **SIDOR**. Luego de la capitalización de deuda en el 2003, el consorcio Amazonia posee el 60% y el estado el 40%.

Entre las características principales del Consorcio, destacan:

- Concentra el 25% de la producción de acero líquido en América Latina.
- Mantiene presencia en MERCOSUR, Pacto Andino, G3, Nafta y CARICOM.
- Abarca toda la línea de productos siderúrgicos: Planos, Largos, Tubos con y sin costura.
- El 27% de los despachos de las empresas que lo conforman son destinados a la exportación.
- En conjunto emplea a más de 35 mil trabajadores.

2.10 PRODUCTOS ELABORADOS EN SIDOR

La Siderúrgica del Orinoco (SIDOR) elabora productos con más de 1.500 formas específicas. Los principales productos Semielaborados y acabados, así como sus usos se muestran a continuación:

2.10.1 PRODUCTOS SEMI-ELABORADOS

- Pella: Aglomerados de fino mineral de hierro. Insumo básico para el proceso de reducción directa para la fabricación de hierro esponja.
- Palanquillas: Acero Semi-elaborado utilizado como insumo básico para la fabricación de tubos sin costuras, perfiles, cabillas y Alambrón.

- Planchones: Acero semi-elaborado utilizado como insumo directo para la fabricación de productos planas como chapas y bandas.

2.10.2 PRODUCTOS ELABORADOS

- Barras: Producto de acero utilizado para la construcción.
- Cabillas: Barras de acero de sección redonda, utilizada en la construcción, minería e industria en general.
- Alambrón: Productos de acero presentado en rollo, utilizado para la fabricación de alambre, mallas electro-soldadas, clips, ganchos, clavos, tornillos, etc.
- Tuberías (sin costuras): Producto de acero que utiliza la industria petrolera de construcción y minería.

2.11 PROCESO PRODUCTIVO

SIDOR produce acero a partir de un mineral de alto contenido de hierro, utilizando la vía de reducción directa, hornos eléctricos de arco y colada continua.

Habitualmente la carga en sus hornos eléctricos es de 80 por ciento mínimo de hierro de reducción directa (HRD), y 20% máximo de chatarra, lo que contribuye a la elaboración de un acero de bajo contenido de impureza y de residuales con características particulares.

SIDOR cuenta con tres sistemas productivos en una extensión de 2.200 hectáreas:

- Sistema de reducción
- Sistema productos planos.
- Sistema productos largos.

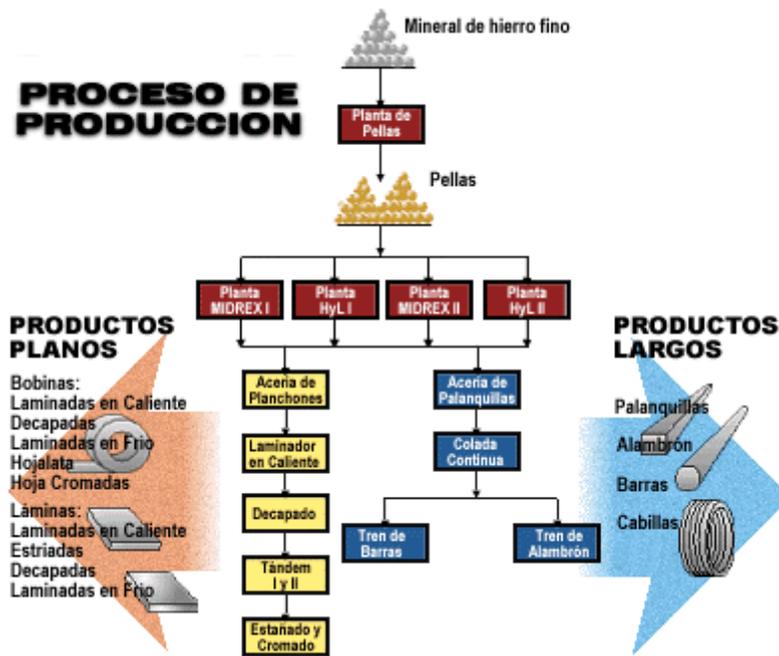


Figura 3. Procesos Productivos de SIDOR

2.12 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE DECAPADO

En la empresa SIDERÚRGICA DEL ORINOCO C.A., la Gerencia de Laminación en Caliente tiene adscrita la superintendencia de Decapado, cuyas líneas tienen como propósito principal disolver o desprender el óxido, generado en el proceso de laminación en caliente, preservando el acero de la superficie de la bobina. El proceso de Decapado tiene como materia prima las bobinas provenientes del laminador en caliente, iniciándose el proceso en el cortador de flejes y desenrollador; para luego pasar por el corte transversal y preparar la soldadura.

El corte transversal consiste en eliminarle a la bobina la punta y la cola para conseguir un acabado que permita realizar la soldadura, luego iniciar el decapado de la misma (pues el Decapado es un proceso continuo).

En Cada línea de Decapado existen dos púlpitos o puntos de control donde en el primero de ellos (púlpito de entrada) se realiza y supervisa la soldadura y en el segundo (púlpito

de salida) se realiza el descarte de la sección soldada, luego de haber sido decapada, para después separar las bobinas y poder transportarlas al Tandem (cliente interno).

Específicamente se trabajó con la máquina soldadora MIEBACH de la línea de Decapado continuo I, la cual se encuentra en la entrada de dicha línea.

2.12.1 PROCESO DE DECAPADO

El Decapado es el proceso mediante el cual se elimina químicamente el óxido superficial formado en el metal por la acción de una solución de ácido inorgánico, quedando completamente limpia de óxido la superficie. Este proceso utiliza solución de ácido clorhídrico (HCL) con una concentración del 10% aproximadamente.

El ataque decapante con la temperatura y concentración, no puede elevarse arbitrariamente la temperatura, ya que la presión de vapor del ácido es de considerable importancia, incluso a temperaturas reducidas, aumenta fuertemente al elevarse las mismas.

La velocidad del decapado depende de los siguientes factores:

- Forma y composición de la cascarilla de óxido.
- Concentración y temperatura del baño de decapado.

En las bobinas es imprescindible la remoción de óxidos para la continuidad de los procesos, ya que estos son producto de la conformación de material (en caliente), y el óxido dañaría los cilindros del laminador en frío además que no permite obtener la calidad superficial deseada .

Dicho proceso se realiza en dos líneas de funcionamiento continuo: DC I Y DC II. La capacidad instalada del DC I es 780.000 t/año y del DC II 1.100.000 t/año, para un total de 1.880.000 t/año.

Los insumos de este proceso son las bobinas en caliente con espesor de 6 a 1.90 mm, ancho de 1 .250 a 600 mm y diámetro externo de bobina de 1.850 mm.

La línea I es la más antigua, es la que ocupa mayor espacio y es la que presenta mayores problemas. Uno de estos problemas, es el escape de vapores de HCl, que trae como consecuencia, el deterioro acelerado del techo de la nave. Además la presencia de HCL en el aire, presenta un riesgo para las personas que allí laboran. La fuga de este ácido se debe a que los sistemas de succión de ellos es deficiente.

La línea II es similar a la línea I, se diferencian por el sistema de enjuague, la longitud del sistema de compensación, la cantidad de enrolladores y el tipo de material procesado. Presenta el mismo problema que la línea I, pero a menor escala.

Las líneas están formadas por tres secciones las cuales constan de las siguientes partes:

-La sección de entrada: Formada por cadena transportadora, desenrolladores, niveladoras, cizalla de corte (punta y cola), transportadora de chatarra, soldadora de banda, brida #1, el acumulador de entrada y la brida #02.

- La sección media: Formada por los tanques de decapado, lavado y zona de secado.

- La sección de salida: Formada por la brida # 03, acumulador de salida, brida # 04, brida # 05, cortadora de bordes, cizalla cortadora del cordón de soldadura, enrolladores y cadena transportadora.

El flujo del proceso se inicia con los transportes de las bobinas a la cadena transportadora por medio de la grúa, asegurando que siempre exista una reserva de (07) bobinas como máximo, lo que permite el uso de la grúa en otras actividades.

Luego la bobina pasa de la cadena transportadora al carro porta bobinas, el cual se encarga de llevarla al mandril desenrollador en donde se realiza un movimiento de

centrado asegurando que la bobina se deposite en este sin sufrir ninguna deformación. Al colocar la bobina, el mandril se expande para asegurar la bobina.

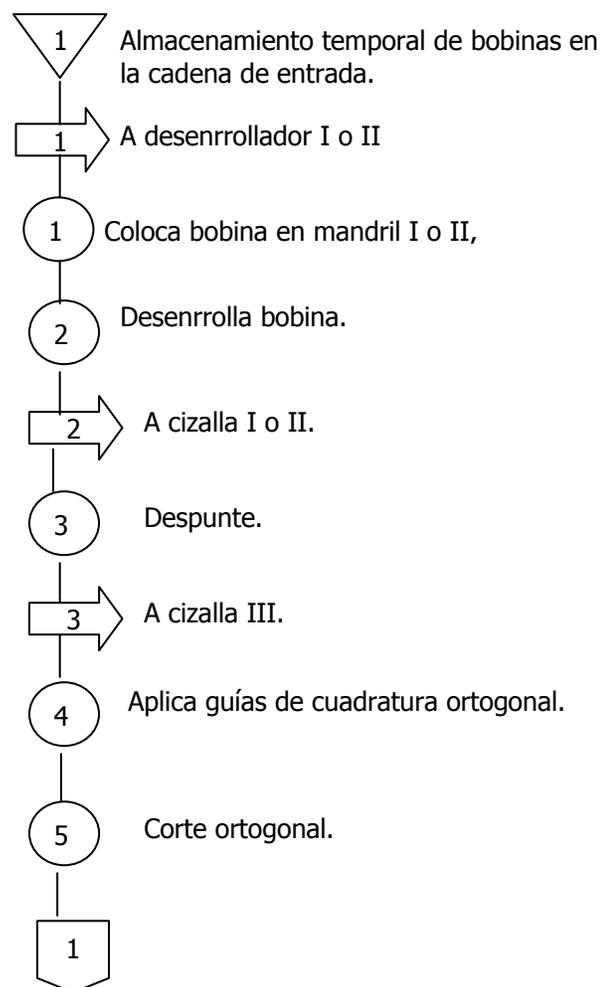
Con la ayuda de un elemento que se asemeja a un cincel se abre la primera espira de la bobina y se saca la punta y es introducida a la niveladora por medio de rodillos aprisionadores, para luego ir a la cizalla de corte de cola y de punta, inmediatamente pasa a la máquina soldadora MIEBACH que realiza una “soldadura por resistencia” definida como la obtenida mediante la aplicación de una fuerza en el sentido longitudinal de la banda (fuerza de recalque), sin aporte de material, utilizando para el calentamiento o fusión, el efecto térmico de la corriente eléctrica al atravesar ésta los extremos de la banda a soldar. Luego de soldar la banda en proceso con la punta de la banda que entrará en éste, el cordón de soldadura es cepillado con el objeto de eliminar el material de la unión soldada, mediante el desgarre del material utilizando herramientas de corte. Esto se hace con el fin de uniformizar la superficie de la banda para evitar posibles fallas de laminación o daños a equipos durante el proceso.

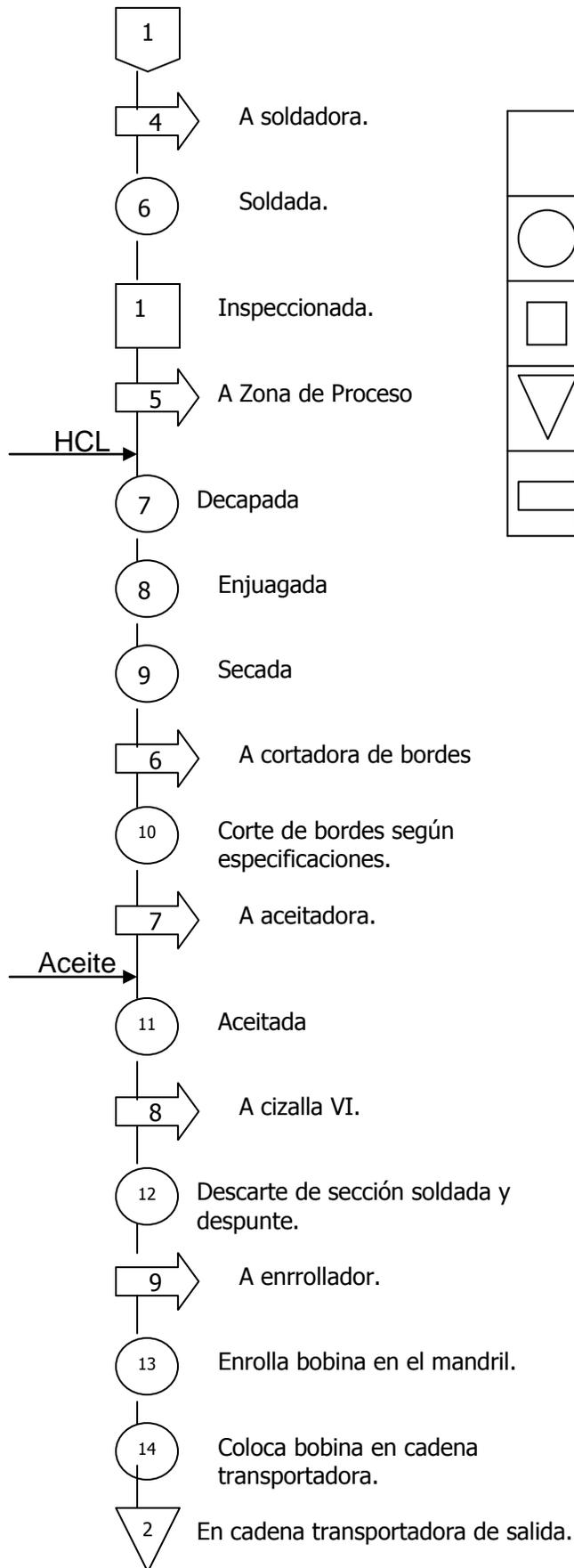
Luego la banda pasa al carro acumulador de entrada recorriendo antes las bridas 01 y 02 con el objeto de imponerle tracción. En el acumulador ésta es almacenada con el propósito de lograr el paso continuó de material a través de las secciones media y salida, pasando a los tanques de decapado o zona de tratamiento con ácido la cual está formada por (04) tanques colocados en fila con temperaturas entre 75-85 °C, disminuyendo del primero al cuarto, en donde cada tanque mantiene su temperatura, por medio de un sistema de control automático de intercambiadores de calor.

Al salir del cuarto tanque la banda entra en zona de lavado donde es enjuagada por medio de unas toberas las cuales permiten rociar la banda con agua a presión a una temperatura aproximadamente de 40 °C, para luego ir a la zona de secado donde por medio del vapor esta es secada, logrando alcanzar una temperatura de 60-70°C, inmediatamente entra en el acumulador de salida, con el objeto de lograr el paso continuo de material a través de las secciones de entrada y media evitando de esta manera que se detenga la zona media o de proceso.

Después la banda pasa por la brida # 04 y entra al compensador de bucle donde se elimina la tensión de la banda (requerimiento para la protección de las cuchillas de corte longitudinal) para que continúe hacia la zona de salida. Seguidamente pasa a la cortadora de bordes para realizarle el corte dependiendo de las especificaciones del cliente, entra en la brida # 05 y se desplaza para ser aceiteada por la máquina aceiteadora con el fin de protegerla de la oxidación mientras se almacena y/o se prepara para la laminación en frío. Una vez realizado todo este proceso es necesario volver a formar la bobina por lo que se elimina a la banda la sección soldada para que sea enrollada obteniéndose así la bobina decapada. Luego se pasa al carro porta bobina, de ahí a la cadena transportadora para luego ser pesada, flejada e identificada con el fin de ser llevada ala venta o a su futura laminación (Tandem).

2.12.2 DIAGRAMA DE PROCESO DE DECAPADO





ACTIVIDAD	NÚMERO
○ OPERACIONES	14
□ INSPECCIONES	1
▽ ALMACENAMIENTO	2
➡ TRANSPORTE	9

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 POBLACIÓN

Es todo conjunto de elementos, finito o infinito, definido por una o más características, de las que gozan todos los elementos que lo componen, y sólo ellos. En muestreo se entiende por población a la totalidad del universo que interesa considerar, y que es necesario que esté bien definido para que se sepa en todo momento qué elementos lo componen.

3.2 MUESTRA

Es una parte representativa de la población. Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población, ejemplificar las características de la misma. Cuando decimos que una muestra es representativa indicamos que reúne aproximadamente las características de la población que son importantes para la investigación.

3.3 TIPOS DE MUESTREO

Los autores proponen diferentes criterios de clasificación de los diferentes tipos de muestreo, aunque en general pueden dividirse en dos grandes grupos: métodos de muestreo probabilísticos y métodos de muestreo no probabilísticos.

- **Muestreos Probabilísticos:**

- Aleatorio Simple
- Aleatorio Sistemático
- Estratificado
- por Conglomerados
- Polietápico
- por Ruta Aleatoria

3.3.1 MUESTREO ALEATORIO SIMPLE

Es aquel en que cada elemento de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionado para integrar la muestra.

Una muestra simple aleatoria es aquella en que sus elementos son seleccionados mediante el muestreo aleatorio simple.

En la práctica no nos interesa el individuo o elemento de la población seleccionado en general, sino solo una característica que mediremos u observaremos en él y cuyo valor será el valor de una variable aleatoria que en cada individuo o elemento de la población puede tomar un valor que será un elemento de cierto conjunto de valores. De modo que una muestra simple aleatoria x_1, x_2, \dots, x_n se puede interpretar como un conjunto de valores de n variables aleatorias X_1, X_2, \dots, X_n independientes, cada una de las cuales tiene la misma distribución que es llamada distribución poblacional.

3.4 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

A la hora de determinar el tamaño que debe alcanzar una muestra hay que tomar en cuenta varios factores: el tipo de muestreo, el parámetro a estimar, el error muestral

admisible, la varianza poblacional y el nivel de confianza. Por ello antes de presentar algunos casos sencillos de cálculo del tamaño muestral delimitemos estos factores.

Parámetro. Son las medidas o datos que se obtienen sobre la población.

Estadístico. Los datos o medidas que se obtienen sobre una muestra y por lo tanto una estimación de los parámetros.

Error Muestral, de estimación o standard. Es la diferencia entre un estadístico y su parámetro correspondiente. Es una medida de la variabilidad de las estimaciones de muestras repetidas en torno al valor de la población, nos da una noción clara de hasta dónde y con qué probabilidad una estimación basada en una muestra se aleja del valor que se hubiera obtenido por medio de un censo completo. Siempre se comete un error, pero la naturaleza de la investigación nos indicará hasta qué medida podemos cometerlo (los resultados se someten a error muestral e intervalos de confianza que varían muestra a muestra). Varía según se calcule al principio o al final. Un estadístico será más preciso en cuanto y tanto su error es más pequeño. Podríamos decir que es la desviación de la distribución muestral(1) de un estadístico y su fiabilidad.

Nivel de Confianza. Probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad. Cualquier información que queremos recoger está distribuida según una ley de probabilidad (Gauss o Student), así llamamos nivel de confianza a la probabilidad de que el intervalo construido en torno a un estadístico capte el verdadero valor del parámetro.

Varianza Poblacional. Cuando una población es más homogénea la varianza es menor y el número de entrevistas necesarias para construir un modelo reducido del universo, o de la población, será más pequeño. Generalmente es un valor desconocido y hay que estimarlo a partir de datos de estudios previos.

3.5 TÉCNICAS DE MUESTREO SOBRE UNA POBLACIÓN

La teoría del muestreo tiene por objetivo, el estudio de las relaciones existentes entre la distribución de un carácter en dicha población y las distribuciones de dicho carácter en todas sus muestras.

Las ventajas de estudiar una población a partir de sus muestras son principalmente:

Costo reducido:

Si los datos que buscamos los podemos obtener a partir de una pequeña parte del total de la población, los gastos de recogida y tratamiento de los datos serán menores. Por ejemplo, cuando se realizan encuestas previas a un referéndum, es más barato preguntar a 4.000 personas su intención de voto, que a 30.000.000.

Mayor rapidez:

Estamos acostumbrados a ver cómo con los resultados del escrutinio de las primeras mesas electorales, se obtiene una aproximación bastante buena del resultado final de unas elecciones, muchas horas antes de que el recuento final de votos haya finalizado;

Más posibilidades:

Para hacer cierto tipo de estudios, por ejemplo el de duración de cierto tipo de bombillas, no es posible en la práctica destruirlas todas para conocer su vida media, ya que no quedaría nada que vender. Es mejor destruir sólo una pequeña parte de ellas y sacar conclusiones sobre las demás.

De este modo se ve que al hacer estadística inferencial debemos enfrentarnos con dos problemas:

- Elección de la muestra (muestreo).
- Extrapolación de las conclusiones obtenidas sobre la muestra, al resto de la población (inferencia).

3.6 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y DISPERSIÓN

De forma análoga podemos definir para variables aleatorias medidas de centralización, dispersión, simetría y forma. Por su interés nos vamos a centrar en dos medidas sobre variables aleatorias que son la esperanza matemática que desempeña un papel equivalente al de la media y el momento central de segundo orden, también denominado varianza.

3.6.1 MEDIA

Es el número calculado mediante determinadas operaciones utilizando todos los elementos de un conjunto y que sirve para representar a éste. La media puede recibir distintos nombres según las operaciones realizadas para calcularla: media aritmética, media geométrica, media armónica, entre otras.

3.6.2 MODA

Es el valor que aparece con más frecuencia en un conjunto dado de números. Por ejemplo, en el conjunto $\{3,4,5,6,6,7,10,13\}$ la moda es 6. Si son dos los números que se repiten con la misma frecuencia, el conjunto tiene dos modas. Otros conjuntos no tienen moda.

3.6.2 DESVIACIÓN ESTÁNDAR

Es el número que representa el alejamiento de una serie de números de su valor medio. Se calcula a partir de todas las desviaciones individuales con respecto de la media. Es un concepto importante en la mayoría de los cálculos estadísticos porque es una indicación precisa de la variabilidad entre un grupo de números.

3.7 DIAGRAMA DE PARETO

Es una herramienta que permite localizar el problema principal y ayuda a localizar la causa más importante de este, se llama diagrama o análisis de Pareto. La idea anterior contiene el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “pocos vitales, muchos triviales”, el cual reconoce que unos pocos elementos (el 20%) generan la mayor parte del efecto (el 80%); el resto de los elementos generan muy poco del efecto total. De la totalidad de problemas de una empresa sólo unos pocos son realmente importantes.

La idea fundamental de un diagrama de Pareto es localizar los pocos defectos, problemas o fallas vitales para concentrar los esfuerzos de solución o mejora en éstos. Una vez que sean corregidos, entonces se vuelve a aplicar el principio de Pareto para localizar de entre los que quedan a los más importantes, volviéndose este ciclo una filosofía. También el diagrama de Pareto apoya la identificación de las pocas causas fundamentales de los problemas vitales con lo que se podrá reducir de manera importante las fallas y deficiencias en la empresa.

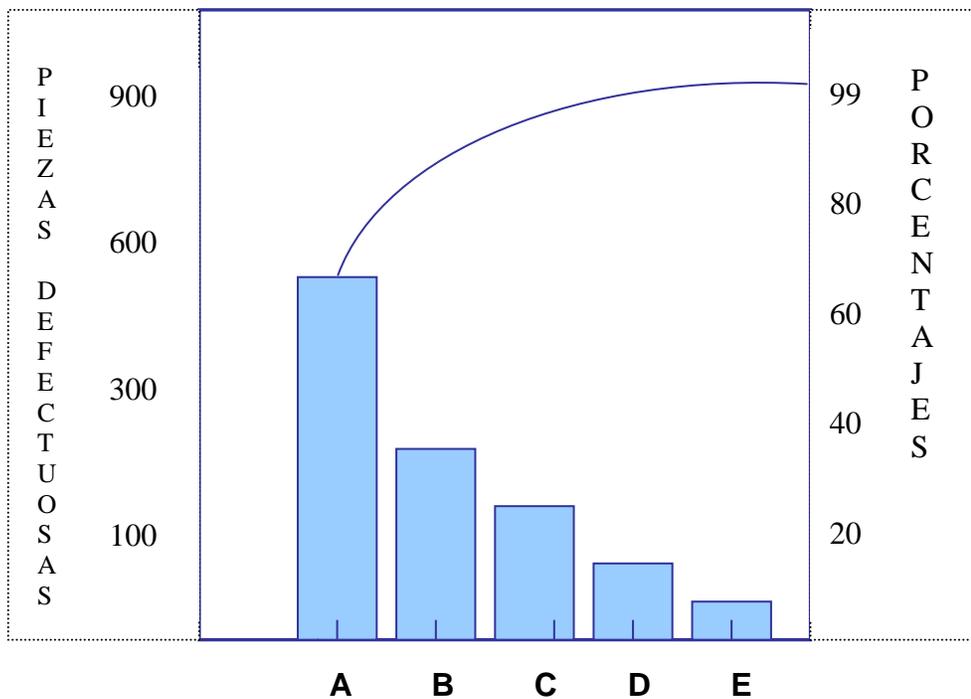


Figura 4. Diagrama de Pareto

3.7.1 CARACTERÍSTICAS DE UN BUEN DIAGRAMA DE PARETO

La clasificación por categorías del eje horizontal puede abarcar diferentes tipos de variables. Por ejemplo: tipos de defectos, grupo de trabajo, producto, tamaño, máquina, obrero, turno, fecha de fabricación, cliente, proveedor, métodos de trabajo u operaciones. Cada caso corresponde a una aplicación distinta del diagrama de Pareto.

El eje vertical izquierdo debe representar unidades de medida que den una clara idea de la importancia de cada categoría. Por ejemplo, la escala izquierda debe estar en pesos, número de artículos rechazados, horas- hombre, horas- máquina; o en número de fallas, retrasos, incumplimiento o quejas.

El eje vertical derecho representa una escala en porcentajes de 0 a 100, para que con base en esta se pueda evaluar la importancia de cada categoría respecto a las demás.

La línea acumulativa representa los porcentajes acumulados de las categorías. Para que no haya un número excesivo de categorías que dispersen el fenómeno, se recomienda agrupar las categorías que tienen relativamente poca importancia en una sola y catalogarla como la categoría “otras”, aunque no es conveniente que esta categoría represente un porcentaje de los más altos. Si esto ocurre se debe revisar la clasificación y evaluar las alternativas.

Un criterio rápido para saber si la primera barra o categoría es significativamente más importante que las demás, no es que ésta represente el 80% del total, más bien en si ésta al menos duplica en magnitud al resto de las barras. En otras palabras, hay que verificar si dicha barra predomina claramente sobre el resto.

Cuando en un diagrama de Pareto no predomina ninguna barra y este tiene una apariencia plana o un descenso lento en forma de escalera, significa que se deben revisar los datos o el problema y su estrategia de clasificación. En estos casos, y en general, es conveniente ver el Pareto desde distintas perspectivas, siendo creativo y clasificando

el problema o los datos de distintas maneras, hasta localizar un componente importante. Es necesario agregar en la gráfica el período que representan los datos. Se recomienda anotar claramente la fuente de los datos y el título de la gráfica.

Cuando se localiza el problema principal, es indispensable hacer un diagrama de Pareto de segundo nivel en el cual se identifiquen los factores o causas potenciales que originan tal problema.

3.7.2 PASOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN DIAGRAMA DE PARETO

- ① Decidir y delimitar el problema, área de mejora que se va atender y tener claro que objetivo se persigue. A partir de lo anterior visualizar o imaginar que tipo de diagrama de Pareto puede ser útil para localizar prioridades o entender mejor el problema.
- ① Con base en lo anterior, discutir y decidir el tipo de datos que se van a necesitar y los posibles factores que sería importante estratificar. Construir una hoja de verificación bien diseñada para la colección de datos que identifique tales factores.
- ① Si la información se va a tomar de reportes anteriores o si se va a recabar, definir el periodo de que se tomarán datos y determinar quien será responsable de ello.
- ① Al terminar de obtener los datos, construir una tabla donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información.
- ① Para representar gráficamente la información de la tabla obtenida en el paso anterior, construir un rectángulo que sea un poco más alto que ancho. En este rectángulo se construirán las escalas de la siguiente manera:
- ① El lado izquierdo del rectángulo será el eje vertical que determinará la importancia de cada categoría, para construir la escala o darle dimensiones al eje de las Y, marcar el inicio con un cero y el final con el total acumulado de defectos. En seguida, a partir del cero, trazar divisiones de igual longitud hasta completar con el total.
- ① Marcar el lado o eje derecho con una escala porcentual, iniciando con 0% y terminando en la escala superior con 100%.
- ① Dividir la base del rectángulo o eje horizontal en tantos intervalos iguales como categorías sean consideradas. De acuerdo con la frecuencia con que ocurrió cada

categoría (defecto), ordenarlas de izquierda a derecha y de mayor a menor, y anotar el nombre de cada una.

① Construir una gráfica de barras, tomando como altura de cada barra el total de defectos correspondientes.

① Con la información del porcentaje acumulado de la tabla realizada gráfica una línea acumulada.

3.8 DIAGRAMA CAUSA - EFECTO

El diagrama de causa y efecto trata de clasificar las causas de los problemas que afectan a cualquier parte de un proceso productivo, en las categorías directamente relacionadas con los insumos del proceso.

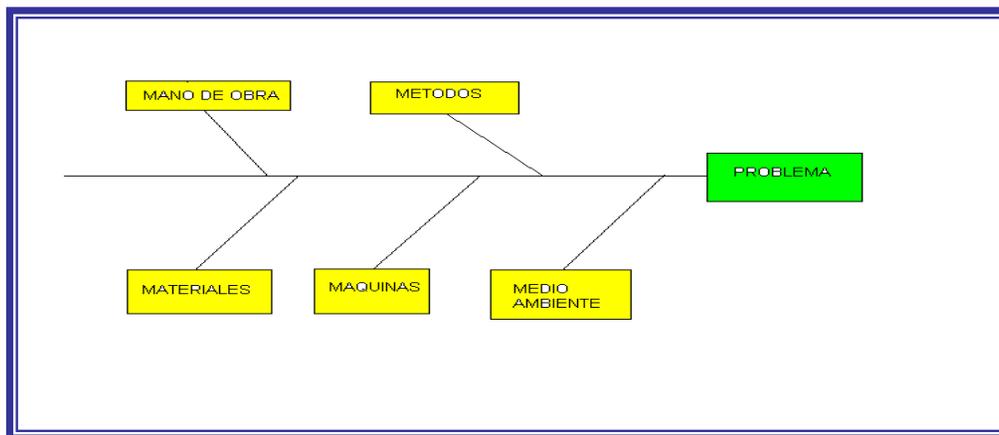


Figura 5. Diagrama Causa Efecto

Algunos de los problemas que se enfocan son:

MANO DE OBRA:

- Operador usando el procedimiento correcto
- Entrenamiento suficiente
- Entendimiento del problema existente
- Motivación al corregir el problema
- Suficiente experiencia
- Conocimiento del operador sobre su trabajo

MÉTODOS

- Procedimientos bien definidos
- Defecto en términos operacionales
- Disposición de los instrumentos y herramientas necesarios

MATERIALES

- Variaciones entre los proveedores
- Especificaciones de material que llega

MÁQUINAS

- Maquinas trabajando como se espera
- Estandarización de las herramientas, sus cambios y ajustes.

3.9 HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA

Muestran la distribución de determinadas características de un fenómeno , estas gráficas se usan para medir la frecuencia con que ocurre algo y detecta tendencias futuras , miden la variación del proceso e identifica el comportamiento cíclico y de periodicidad.

3.10 ESTUDIO DE TIEMPOS

El término “estudio de tiempos” ha tenido múltiples interpretaciones desde su creación. El estudio de tiempos, creado por Taylor, se usa principalmente para determinar tiempos estándar y el estudio de movimientos, desarrollado por el matrimonio Gilbreth, se utiliza para mejorar métodos.

A Taylor se le considera generalmente como el padre del moderno estudio de tiempo en Estados Unidos, aunque en realidad ya se efectuaban estudios de tiempos en Europa muchos años antes. En 1760 un francés, Perronet, llevó a cabo amplios estudios de tiempos acerca de la fabricación de alfileres. Taylor empezó su trabajo en el estudio de tiempos en 1881 cuando laboraba en la *Midvale Steel Company* de Filadelfia. Después de

12 años desarrolló un sistema basado en el concepto de “tarea”, donde proponía que la administración de una empresa debía encargarse de planear el trabajo de cada empleado. Cada trabajo debía tener un tiempo estándar fijado, éste tiempo tenía que estar basado en las posibilidades de trabajo de un operario altamente calificado. En el proceso de fijación de tiempos, Taylor realizaba la división de la asignación del trabajo en pequeñas porciones llamadas “elementos”.

El analista de estudios de tiempos tiene varias técnicas que se utilizan para establecer un estándar:

- ❑ Estudio cronométrico de tiempos
- ❑ Datos estándares
- ❑ Datos de los movimientos fundamentales
- ❑ Muestreo del trabajo
- ❑ Estimaciones basadas en datos históricos

3.10.1 DEFINICIÓN

El estudio de Tiempos puede definirse como la actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.

3.10.2 OBJETIVOS

- ❑ Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos
- ❑ Conservar los recursos y minimizan los costos
- ❑ Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía
- ❑ Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad

3.10.3 REQUERIMIENTOS DEL ESTUDIO DE TIEMPOS

Antes de emprender el estudio hay que considerar básicamente lo siguiente:

-  Para obtener un estándar es necesario que el operario domine a la perfección la técnica de la labor que se va a estudiar.
-  El método a estudiar debe haberse estandarizado.
-  El analista debe estar capacitado y debe contar con todas las herramientas necesarias para realizar la evaluación.
-  El equipamiento del analista debe comprender al menos un cronómetro, una planilla o formato preimpreso y una calculadora. Elementos complementarios que permiten un mejor análisis son la filmadora, la grabadora y en lo posible un cronómetro electrónico y una computadora personal.
-  La actitud del trabajador y del analista debe ser tranquila y el segundo no deberá ejercer presiones sobre el primero.

Además, existen requisitos personales para que un analista de tiempos obtenga y conserve relaciones humanas exitosas:

-  Honradez y honestidad
-  Tacto y comprensión
-  Gran caudal de recursos
-  Confianza en sí mismo
-  Buen juicio y habilidad analítica
-  Agradable y persuasivo
-  Paciencia y autodominio
-  Energía en cantidades generosas
-  Presentación y atuendo personal impecables
-  Entusiasmo por su trabajo
-  Equipo para el estudio de tiempos

El equipo mínimo que se requiere para llevar a cabo un programa de estudio de tiempos comprende un cronómetro, un tablero o paleta para estudio de tiempos, formas impresas para estudio de tiempos y calculadora de bolsillo. Además de lo anterior, ciertos instrumentos registradores de tiempo que se emplean con éxito y tienen algunas ventajas sobre el cronómetro, son las máquinas registradoras de tiempo, las cámaras cinematográficas y el equipo de videocinta. En general, las aptitudes y la personalidad del analista de tiempos son básicas para el éxito y no el equipo utilizado.

Varios tipos de cronómetros están en uso actualmente, la mayoría de los cuales se hallan comprendidos en alguna de las clasificaciones siguientes:

-  Cronómetro decimal de minutos (de .01min)
-  Cronómetro decimal de minutos (.001 min.)
-  Cronómetro decimal de horas (.0001de hr)
-  Cronómetros electrónicos

Es posible montar cuatro cronómetros en un tablero, ligados entre sí, de modo que el analista pueda durante el estudio, leer siempre un cronómetro cuyas manecillas estén detenidas y mantenga un registro acumulativo del tiempo total transcurrido. Un cronómetro totalmente electrónico proporciona una resolución de un centésimo de segundo y una exactitud de +- 0.002%

Existen también cronómetros electrónicos auxiliados por computadora, el colector de datos DataMyte 1000 permite la introducción de datos observados y los graba en lenguaje computarizado en una memoria de estado sólido. Las lecturas de tiempo transcurrido se graban automáticamente. Todos los datos de entrada y los datos de tiempo transcurrido pueden transmitirse directamente del DataMyte a una terminal de computadora a través de un cable de salida. Recientemente el DataMyte Corporation desarrolló un modelo que contiene una impresora de alta velocidad.

Máquinas registradoras de tiempo. Estas máquinas pueden ser utilizadas en ausencia del analista para medir el tiempo en que es productiva una instalación. Una registradora de ocho canales, donde dos terminales cualesquiera se pueden conectar a un sensor normalmente abierto que cierra sólo cuando está productiva la máquina o actividad. En el papel de graficación un estilete o trazador registra continuamente el estado de una máquina o instalación.

Equipo cinematográfico y de videocinta. El equipo de videocinta proporciona la importante ventaja de una repetición instantánea. En la actualidad los sistemas de videocinta están disponibles en un formato de 8 mm. Y un equipo de calidad incluye una cámara que filme a 120 cuadros por segundo.

En cuanto al equipo cinematográfico, se debe seleccionar una cámara con tres lentes, uno estándar, una lente angular, que proporciona área visual adicional, y una lente telefoto para obtener mayor cantidad de detalles en un área visual limitada. En cámaras cinematográficas, se dispone de modelos que proporcionan velocidades de exposición de 1, 10 ó 1000 cuadros por minuto.

Tablero portátil para el estudio de tiempos. Cuando se usa el cronómetro es necesario disponer de un tablero conveniente para fijar la forma impresa especial para estudio de tiempos y el cronómetro. Este tablero o paleta tiene que ser ligero, para no cansar el brazo, y suficientemente rígido y resistente para servir de respaldo adecuado a la forma de estudio de tiempos.

Formas impresas para estudio de tiempos. Todos los detalles se anotarán en la forma impresa especial para estudio de tiempos. Casi siempre se hace elaborando un diagrama de proceso del operario en una de las caras de la forma.

El diseño de la forma debe ser tal que el analista pueda anotar fácilmente las lecturas del cronómetro, los elementos extraños, los factores de calificación y aún disponga de espacio en la hoja para calcular el tiempo asignado.

3.10.4 TOMA DE TIEMPOS

Hay dos métodos básicos para realizar el estudio de tiempos, el continuo y el de regresos a cero. En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica, el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento. En caso de tener un cronómetro electrónico, se puede proporcionar un valor numérico inmóvil.

En el método de regresos a cero, el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento, y luego las manecillas se regresan a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento las manecillas parten de cero. El tiempo transcurrido se lee directamente en el cronómetro al finalizar este elemento y las manecillas se regresan a cero otra vez, y así sucesivamente durante todo el estudio. Ésta técnica tiene algunas desventajas:

-  Se pierde tiempo al regresar a cero la manecilla, por lo tanto, se introduce un error acumulativo en el estudio.
-  Es difícil tomar el tiempo de elementos cortos.
-  No siempre se obtiene un registro completo de un estudio en el que no se hayan tenido en cuenta los retrasos y los elementos extraños.
-  No se puede verificar el tiempo total sumando los tiempos de las lecturas elementales.

Estos elementos comprenden la selección del operario, el análisis del trabajo y la descomposición del mismo en sus elementos, el registro de los valores elementales transcurridos, la calificación de la actuación del operario, la asignación de márgenes apropiados y la ejecución del estudio.

Selección del operario.

El primer paso para iniciar el estudio de tiempos se hace a través del supervisor del departamento o del supervisor de línea. Después de revisar el trabajo en operación, tanto el supervisor como el analista de tiempos deben estar de acuerdo en que el trabajo está listo para ser estudiado. El operario deberá estar bien entrenado en el método a utilizar, tener gusto por su trabajo e interés en hacerlo bien. Debe estar familiarizado con los procedimientos del estudio de tiempos y su práctica y tener confianza en los métodos de referencia así como en el propio analista.

Trato con el operario.

El analista debe mostrar interés en el trabajo del operario, y en toda ocasión ser justo y franco en su comportamiento hacia el trabajador. Esta estrategia de acercamiento hará que se gane la confianza del operario, y el analista encontrará que el respeto y la buena voluntad obtenidos le ayudarán no solo a establecer el estándar justo, sino que hará más agradable los trabajos.

Análisis de materiales y métodos.

El valor de identificar plenamente el método en estudio es inapreciable, un estándar por el tiempo que el método estudiado este vigente, es necesario que tal método sea conocido perfectamente.

Cambios mayores de los métodos se hacen frecuentemente sin dar aviso al departamento de estudios de tiempos. La investigación frecuentemente revelará que un cambio en el método habrá sido la causa de un estándar inequitativo. Con objeto de conocer que pieza o piezas del trabajo deberían ser reestudiadas, el analista debe tener una información del método usando cuando el trabajo fue estudiado originalmente. Si no es posible recabar esta información y la tasa es muy holgada, el único recurso de que dispone el analista es dejar la tasa tal como esta mientras dure este trabajo, o bien, cambiar el método de nuevo y estudiar luego inmediatamente el trabajo.

Registro de información significativa.

Debe anotarse toda la información acerca de máquinas, herramientas de mano, plantillas o dispositivos, condiciones de trabajo, materiales en uso, operación que se ejecuta, nombre del operador y número de tarjeta del operario, departamento, fecha del estudio y nombre del tomador de tiempos. El estudio de tiempos debe constituir una fuente para el establecimiento de datos estándares; también será útil para mejoras de métodos, evaluación de operaciones y de las herramientas y comportamiento de las máquinas.

Hay varias razones para tomar nota de las condiciones de trabajo. En primer lugar, las condiciones existentes tienen una relación definida con el "márgen" o "tolerancia" que se agrega al tiempo normal o nivelado. Si las condiciones se mejoraran en el futuro, puede disminuir el margen por tiempo personal, así como el de fatiga. Las materias primas deben ser totalmente identificadas dando información tal como índice de calor, tamaño, forma, peso, calidad y tratamientos previos.

Colocación o emplazamiento del observador.

El observador de tiempos debe colocarse unos cuantos pasos detrás del operario, de manera que no lo distraiga ni interfiera en su trabajo. Es importante que el analista permanezca de pie mientras hace el estudio. Un analista que efectuara sus anotaciones estando sentado sería objeto de críticas por parte de los trabajadores, y pronto perdería el respeto personal del piso de producción. En el curso de estudio, el tomador de tiempos debe evitar toda conversación con el operario, ya que esto tendería a trastornar la rutina de trabajo del analista y del operario u operador de máquina.

División de la operación en elementos.

Para facilitar la medición, la operación se divide en grupos de therbligs conocidos por elementos. A fin de descomponer la operación en sus elementos, el analista debe observar al trabajador durante varios ciclos. Para identificar el principio y el final de los elementos y desarrollar consistencia en las lecturas cronométricas de un ciclo a otro,

deberá tenerse en consideración tanto el sentido auditivo como el visual. Cada elemento debe registrarse en su orden o secuencia apropiados e incluir una división básica del trabajo que termine con un sonido o movimiento distintivo.

Las reglas principales para efectuar la división en elementos:

- Asegurarse de que son necesarios todos los elementos que se efectúan.
- Conservar siempre por separado los tiempos de máquina y los de la ejecución manual.
- No combinar constantes y variables.
- Seleccionar los elementos de modo que puedan ser cronometrados con facilidad y exactitud.
- El final o terminación de un elemento es, automáticamente, el comienzo del que le sigue y suele llamarse punto terminal.

3.10.5 REGISTRO DEL TIEMPO DE CADA ELEMENTO

Al anotar las lecturas del cronómetro, el analista registra solamente los dígitos o cifras necesarios y omite el punto decimal, teniendo así el mayor tiempo posible para observar la actuación del operario. Es decir, si se usa un cronómetro con decimales de minutos y el punto terminal del primer elemento ocurre a 0.08 min., el analista anotará solamente el dígito 8 de la forma impresa para el estudio de tiempos.

Todas las lecturas cronométricas se anotan en orden consecutivo en la columna L hasta completar el ciclo. Cuando al observador se le escape hacer una lectura, inmediatamente deberá indicarlo de forma impresa.

Durante el estudio, un operario quizá encuentre retrasos inevitables como la interrupción ocasionada por un empleado de oficina, por el supervisor o por una herramienta que se rompe, incluso el operario puede ocasionar intencionalmente un cambio en el orden para ir a tomar agua o un descanso. A esta clase de interrupciones se les denomina elementos extraños. Cuando un elemento extraño ocurre, el observador denotará el evento mediante una designación alfabética en la casilla de la columna T de dicho elemento. La letra A se usará para el primer elemento extraño, la B para el segundo y así sucesivamente.

3.10.6 NÚMERO DE CICLOS A ESTUDIAR

Uno de los temas que ha causado más discusiones entre los analistas de tiempo y los representantes sindicales, es el número de ciclos que hay que estudiar para lograr un estándar equitativo. Puesto que la actividad de un trabajo, así como su tiempo de ciclo, influye directamente en el número de ciclos a estudiar desde el punto de vista económico, no es posible apoyarse totalmente en la parte estadística que requiere un cierto tamaño de muestra basado en la dispersión de las lecturas de elementos individuales.

La media de la muestra de las observaciones debe estar razonablemente cerca de la media de la población. Por consiguiente, el analista debe tomar suficientes lecturas a fin de obtener una distribución de valores con una dispersión similar a la de la población.

Algunas empresas establecen en sus programas de adiestramiento para analistas de tiempo, que el observador tome lecturas y grafique los valores para elaborar una distribución de frecuencias. Aún cuando no hay seguridad de que la población de tiempos elementales tenga una distribución normal, la experiencia ha demostrado que las variaciones en la actuación de un operario se aproxima a la curva normal.

Es posible determinar matemáticamente el número de ciclos que deberán ser estudiados con el fin de asegurar la existencia de una muestra confiable, y modelar tal valor aplicando un criterio adecuado. Esto dará al analista una útil guía para poder decidir la duración de la observación. Los métodos estadísticos pueden servir de guía para determinar el número de ciclos a estudiar.

El procedimiento para determinar el tamaño óptimo de la muestra es el siguiente:

-  Establecer el tamaño de la muestra piloto (n).
-  Definir el coeficiente de confianza.
-  Con el valor de n y la probabilidad establecida, determinar el valor de T_c de acuerdo al nivel de confianza preestablecido.
-  Determinar el promedio de los tiempos registrados (\bar{x})

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

-  Determinar la desviación estándar de la muestra (S).

$$S = \sqrt{\frac{\sum X^2}{n-1} - \frac{(\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

-  Calcular el intervalo de confianza o el límite de control superior (L.C.S.)

$$Im = \frac{2 * T_c * S}{\sqrt{n}}$$

-  Donde T_c es el valor de la distribución t de Student con n grados de libertad.

-  Emplear el criterio de decisión para determinar si el tamaño de la muestra satisface o no el estudio.

$$Si \begin{cases} Im \leq I \Rightarrow Se\ acepta \\ Im > I \Rightarrow Se\ rechaza \end{cases} \therefore \text{Recálculo de } n$$

 El nuevo tamaño de la muestra (N) se calcula mediante la siguiente relación:

$$N' = 4 * T_c * S^2 / I^2$$

$$N = N' - n$$

donde: N es el nuevo tamaño de la muestra

n es el tamaño de la muestra piloto.

CAPITULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 TIPO DE ESTUDIO

Este estudio se hace efectivo mediante el empleo de una investigación del tipo descriptiva, evaluativo de campo y aplicada, debido a que permitió describir, analizar, evaluar y establecer las condiciones necesarias para lograr el incremento del rendimiento de las líneas de decapado continuo de SIDOR C.A. , mediante la eliminación del descarte de la sección soldada .

La investigación se considera de tipo descriptiva porque esta basada en la recolección de información real que conlleva a establecer las condiciones ideales del cepillado del cordón de la soldadura, de la cuadratura de las bandas antes de soldar y de los límites de control de los parámetros de la soldadura.

El estudio es evaluativo porque permitió caracterizar cada parámetro de la soldadura, también se pudo comparar la información recolectada en cuanto al cepillado óptimo del cordón de la soldadura y de la cuadratura de las bandas antes de soldar.

Según la estrategia seleccionada para la recolección de datos y realización de la investigación es un estudio de campo, debido a que se realiza directamente en el área de trabajo basándose en la observación directa del proceso.

De acuerdo al propósito de la investigación, es aplicada, porque tiene como objetivo principal lograr mejoras en el sistema de cepillado y cuadratura de bandas y a su vez controlar el proceso de soldadura mediante el establecimiento de límites de control para sus parámetros que permitan saber si la soldadura esta en buenas condiciones o no.

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Para cumplir con el propósito de esta investigación se tomarán las muestras de los descartes de las bobinas que pasan solo en el turno 2 (7 am a 3 pm). , tomando para la muestra las bobinas que con más frecuencia procesan por la línea de Decapado I y el material común con Decapado II, mediante el uso de la Tabla 1:

Tabla 1. Datos históricos Febrero-Agosto 2003 (Tonelaje Decapado I)

ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	TACE	TONELAJE	
			DC I	DC II
1200-1299	3	002	4426	54
1000-1099	3	002	1628	12
1200-1299	2.5	006	1584	99
1200-1299	4	002	1234	43
900-999	3	002	1102	26
1200-1299	2.75	002	1054	0
1200-1299	3	006	639	19
900-999	2.75	002	538	0
900-999	3.53	002	536	1
1000-1099	2.75	002	449	7
1200-1299	2.75	002	390	15
1000-1099	3	006	370	35
1200-1299	2.75	006	349	0
1200-1299	4	006	304	10
1000-1099	2.25	046	279	19
1200-1299	2.5	002	259	10
1200-1299	2.5	0328	252	0
900-999	2.25	046	250	1396

De la tabla de datos históricos presentada anteriormente se lograron estudiar los grupos que están resaltados en negrita, dejando por fuera los otros. Esto quiere decir que se logro cubrir el 77,77% de los grupos planteados en la tabla.

4.3 RECURSOS EMPLEADOS

4.3.1 ENTREVISTAS NO ESTRUCTURADAS: Permitió recaudar información necesaria para añadirla al plan de mejora de la resistencia de la soldadura , la cuadratura y el cepillado.

4.3.2 CRONÓMETRO: Permitió medir con exactitud el tiempo de las operaciones estudiadas.

4.3.3 FORMATOS: Permito plasmar la información recogida durante el estudio.

4.3.4 CINTA MÉTRICA: Permitió medir los descartes estudiados y así establecer el promedio de su longitud.

4.3.5 MÁQUINA DE PRUEBA DE EMBUTIDO: Permitió realizar la prueba al cordón de soldadura y así ver cómo rompe (observación cualitativa), para poder tener un patrón de comparación con las gráficas de la soldadura .

4.3.6 PROGRAMA MICROSOFT EXCEL: Ayudo a realizar estudios estadísticos de los datos recogidos durante el estudio.

4.3.7 PROGRAMA IBA ANALIZER : Permitió graficar los parámetros de la soldadura .

4.3.8 PROGRAMA STATGRAPHICS : Permitió hacer un estudio estadístico y así establecer mas fácilmente los límites de control para la gráfica de la soldadura.

4.4 PROCEDIMIENTO GENERAL

4.4.1 CALCULO DEL TIEMPO DE LA OPERACIÓN DE DESCARTE DE LA SECCIÓN SOLDADA:

- 1- Se tomaron muestras de la duración de la operación a las 4 cuadrillas mediante el uso de un cronómetro electrónico y se plasmó la información en un formato .Dicha muestra es representativa y posee 95% de confiabilidad.
- 2- Se calculó el promedio del tiempo y se estableció un valor único.

4.4.2 CÁLCULO DE LA LONGITUD Y PESO DEL DESCARTE:

- 1- Se tomaron muestras de descartes desechados de las 4 cuadrillas, y mediante el uso de un metro se midió la longitud de dicho descarte, luego se plasmó la información en un formato .Dicha muestra es representativa y posee 95% de confiabilidad.
- 2- Se calculó el promedio de la longitud y del peso y se estableció un valor único representativo.

4.4.3 DISPONIBILIDAD DE LA GRÚA

- 1- Se tomo una muestra por cuadrilla del tiempo que tarda la grúa en realizar la operación de desalojo de la caja de chatarra, mediante el uso de un cronómetro electrónico y se calculó el promedio del tiempo estableciéndose un valor único.

4.4.4 CONDICIONES DE CUADRATURA ORTOGONAL:

- 1- Se realizaron entrevistas no estructuradas a los operarios de los púlpitos de entrada y de salida, así como a los jefes de planta y a los ingenieros de proceso para con esa información determinar los problemas mas frecuentes de cuadratura.

- 2- Con esa información se elaboró un cuadro resumen donde se señala la causa y solución de cada problema de cuadratura, después este cuadro se divulgó en los púlpitos con la aprobación de los operadores.

4.5.3 ESPECIFICACIONES DE CEPILLADO ÓPTIMO:

- 1- Se realizaron entrevistas no estructuradas a los Ingenieros de procesos para recoger información necesaria para establecer las condiciones de un cepillado óptimo del cordón de soldadura.
- 2- Se recopiló toda la información existente sobre las visitas técnicas de asesoramiento realizadas por personal de SIDERAR que elaboró un informe sobre las condiciones necesarias para lograr el cepillado óptimo.

4.5.4 LIMITES DE CONTROL DE LOS PARÁMETROS DE LA SOLDADURA

- 1- Se tomaron muestras de los descartes de las bobinas que más pasan por Decapado I en el turno 2, después se realizaba la prueba de embutido a cada muestra tomada y se determinaba si estaba buena o mala según el siguiente criterio, mostrado en la Figura 6 :

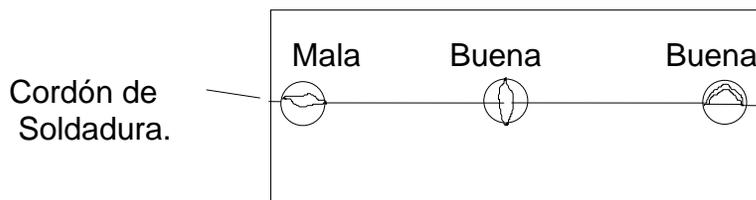


Figura 6. Roturas en el Cordón de Soldadura

esto quiere decir que si la soldadura rompió en cualquiera de los 3 puntos (los dos extremos y el centro) a lo largo del cordón se consideró rechazada y si rompió transversal al cordón en los 3 puntos se consideró aceptada.

- 2- Con esta información que fue plasmada en un formato se comparó las gráficas de cada muestra con el resultado de las pruebas de embutido realizadas y así separando las muestras por ancho, tipo de acero (TACE) y espesor, se procedió a establecer los límites de control de cada parámetro de la soldadura de los grupos estudiados, utilizando para esto solo las aceptadas y descartando las rechazadas.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS Y RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos durante el estudio realizado en Decapado para eliminar el descarte de la sección soldada, según los objetivos planteados en esta investigación, los cuales contemplan el estudio de 3 condiciones fundamentales :

- 1- La cuadratura ortogonal entre las bandas.
- 2- Un cepillado óptimo del cordón de soldadura
- 3- La resistencia mínima de la soldadura.

Estas 3 condiciones son exigidas por el cliente interno para aceptar la soldadura como parte de la bobina de acero y serán tratados en ese orden a continuación:

5.1 CUADRATURA ORTOGONAL DE LAS BANDAS SOLDADAS

5.1.1 DIAGRAMAS DE CAUSAS Y EFECTOS PARA PROBLEMAS DE SOLDADURA DESCUADRADA

Para lograr determinar las causas de los problemas que provocan la soldadura descuadrada, se recurrió a los Diagramas de Causas y Efectos para visualizar mejor a que se relaciona cada problema estudiado. Los problemas hallados fueron los siguientes:

- 1- Corte no ortogonal.
- 2- Banda en forma de sable.
- 3- Falta de centrado entre las bandas soldadas.
- 4- Falta de paralelismo entre punta y cola antes de soldar las bandas.
- 5- Bandas montadas.

En el Gráfico 1, se observa las causas que provocan el corte no ortogonal en la banda, el cual esta relacionado a diferentes factores (maquinaria, mano de obra, métodos y materiales).

El corte de la cizalla III sobre la banda antes de soldar debe ser ortogonal ya que de lo contrario provocaría soldadura descuadrada y esta no sería aceptada por nuestro cliente interno (Tandem), debido a que existe la posibilidad de que la banda se desvíe a un lado y provoque un encalle (Interrupción del proceso debido a un atascamiento del material en algún equipo de la línea de producción), que a la velocidad del Tandem (mayor a 1000 mpm) sería grave en cuanto a daños a equipos y demoras.

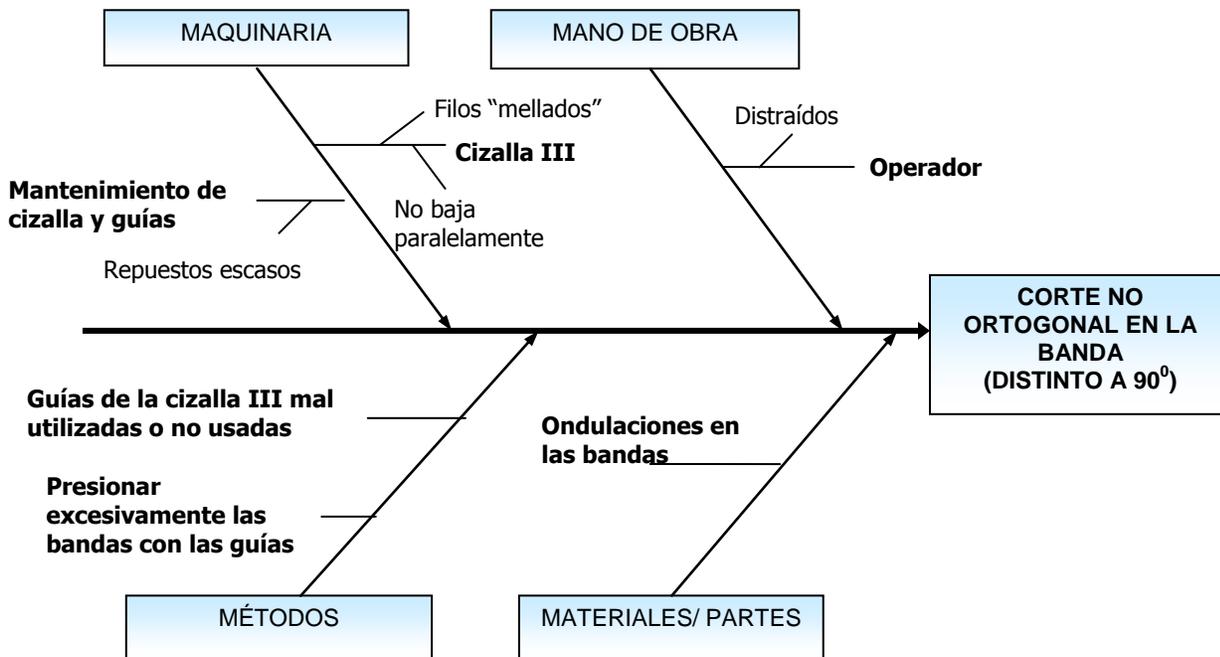


Gráfico 1. Corte no ortogonal en la banda.

.En el Gráfico 2, se observan las causas que provocan Banda en forma de sable, que son desviaciones pronunciadas a lo largo de la lámina, la cual no permite la cuadratura de las bandas antes de soldar

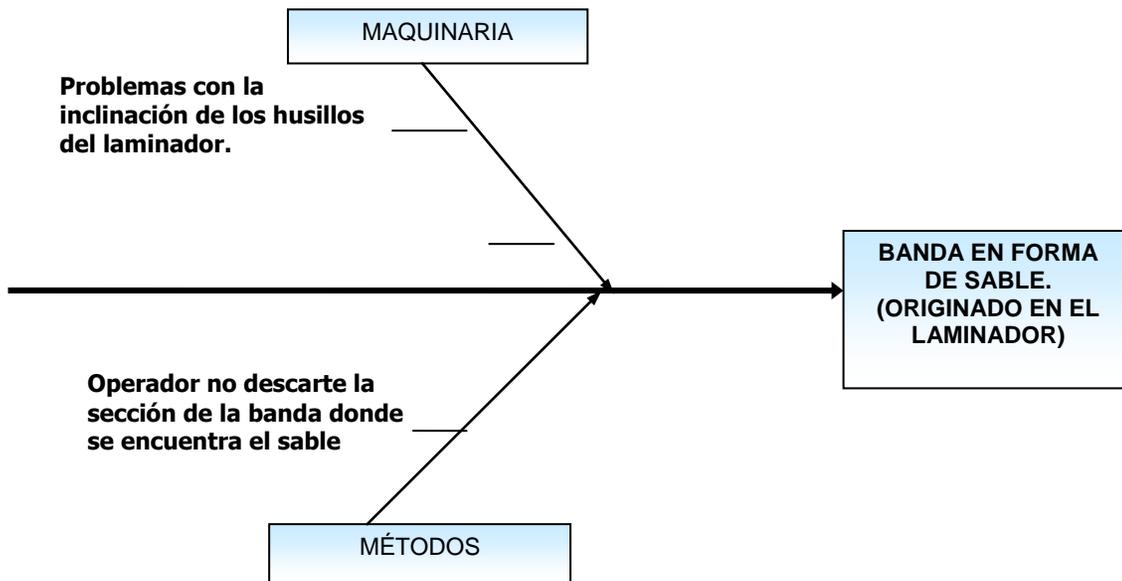


Gráfico 2. Banda en forma de sable.

En el Gráfico 3, se observan las causas que producen descentrado de las bandas soldadas y por ende soldadura descuadrada, este debe ser lo más exacto posible para evitar posibles encalles a lo largo de la línea y cumplir con la exigencia del cliente interno (Tandem).

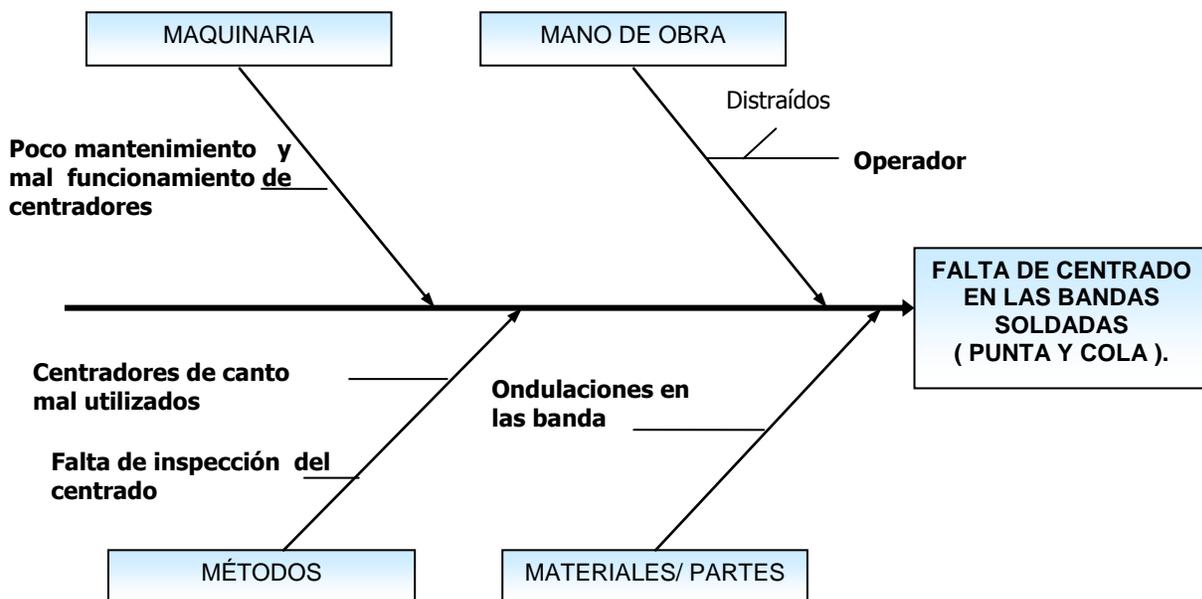


Gráfico 3. Falta de centrado en las bandas soldadas.

En el Gráfico 4, se observan las causas que provocan la falta de paralelismo entre la punta y la cola de las bandas antes de efectuarse la soldadura, lo que trae como consecuencia soldadura descuadrada, la distancia que debe haber entre la cara a soldar de la punta con la cara a soldar de la cola debe ser constante a lo largo de todo el ancho de la banda para garantizar una soldadura uniforme.

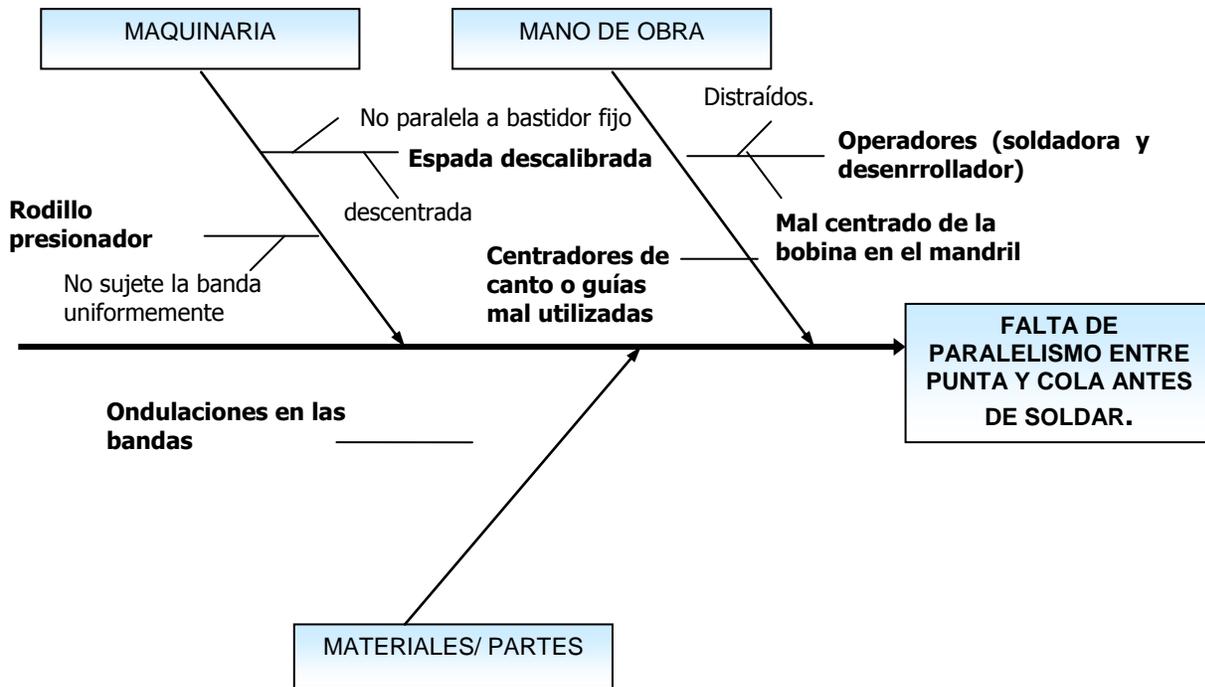


Gráfico 4. Falta de paralelismo entre la punta y la cola antes de soldar.

En la Gráfico 5, se observan las causas que provocan que no haya paralelismo en el eje vertical de las bandas soldadas, estas no sólo deben estar centradas y paralelas en el eje horizontal (a lo ancho de la banda), si no que también el eje vertical (en el espesor), para evitar desviaciones en la banda y encalles a lo largo de la línea.

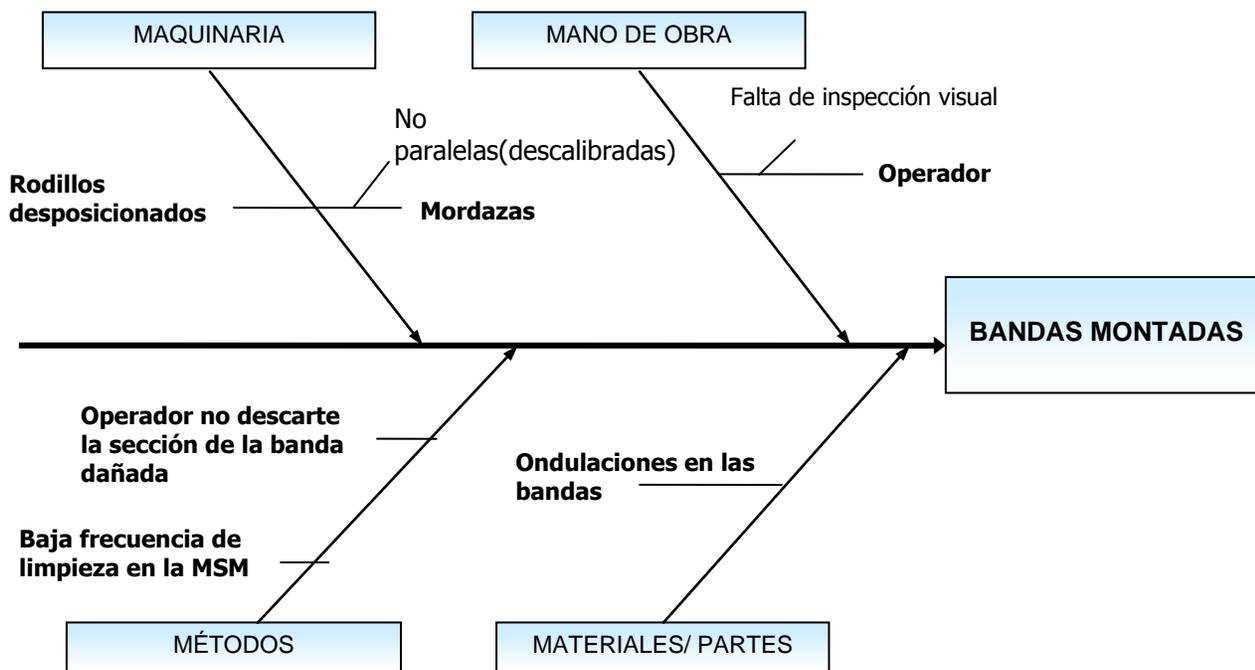
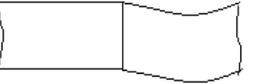


Gráfico 5. Bandas montadas.

5.1.2 TABLA PARA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CUADRATURA DE SOLDADURA

Después de identificar los problemas relacionados con la cuadratura de la soldadura se procedió a elaborar una tabla que identifique las causas y consecuencias de dichos problemas, así como proponer una solución práctica para cada uno de ellos . La Tabla 2 cuenta con unos dibujos de identificación para su mayor comprensión y se estructuro de la siguiente manera:

Tabla 2. Problemas de Cuadratura de Soldadura.

PROBLEMA	DIBUJO DE IDENTIFICACIÓN	CAUSA	CONSECUENCIA	SOLUCIÓN
1.Corte no ortogonal (distinto a 90°).	 <p>VISTA DE PLANTA</p>	<p>1-Guías de la cizalla III mal utilizada o no utilizadas.</p> <p>2- Presionar excesivamente la banda con las guías.</p>	Encalle en la cortadora de Borde, concentración de esfuerzos ,rotura de soldadura.	<p>1-Garantizar el uso adecuado de las guías de la cizalla III.</p> <p>2-Darle la presión adecuada a la banda para no crear comba en ella.(Inspección visual).</p>
2.Banda en forma de sable.	 <p>VISTA DE PLANTA</p>	Problema en las guías del laminador, o de inclinación de husillos..	Concentración de esfuerzos , la banda sale fuera de los rodillos al tratar de nivelarse, encalles rotura de soldadura, bordes rotos o doblados.	<p>Descartar la sección de banda donde se encuentre el sable.</p> <p>Procesar a baja velocidad y advertir a los operarios.</p>
3.Falta de centrado en las bandas soldadas(entre punta y cola).	 <p>VISTA DE PLANTA</p>	<p>1-Centradores de canto mal utilizados.</p> <p>2-Pérdida del centrado de las guías.</p>	Encalles, concentración de esfuerzos, desviaciones y rotura de rodillos de goma, rotura de soldadura.	<p>Garantizar el uso correcto de los centradores de canto y de las guías ,hacer inspección visual del centrado, corregir el centrado de las guías.</p>
4.Falta de paralelismo entre punta y cola antes de soldar (Luz no constante a lo largo del ancho de bandas).	 <p>VISTA DE PLANTA</p>	<p>1-Centradores de canto y guías mal usados o no usados.</p> <p>2-Espada descalibrada (no paralela a bastidor fijo).</p> <p>3-Rodillo presionador no sujeta la banda uniformemente.(rodillo no paralelo a la banda).</p> <p>4-La banda viene descentrada desde el mandril I o II .</p>	Concentración de esfuerzos, soldadura no homogénea, rotura de la soldadura.	<p>1-Garantizar el paralelismo entre punta y cola mediante los centradores de canto y las guías (inspección visual).</p> <p>2-Garantizar la calibración de la espada avisando oportunamente a mantenimiento.</p> <p>3-Mantenimiento mecánico calibre el rodillo.</p> <p>4-El operador del desenrollador centre con el carro la bobina en el mandril (inspección visual).</p>
5.Las bandas no están paralelas en el eje vertical y quedan montadas después de soldar.	 <p>VISTA DE PERFIL</p>	<p>1-Las mordazas de sujeción no están alineadas .</p> <p>2-Bandas con excesivas ondulaciones.</p> <p>3-Escoria en las mordazas.</p>	Concentración de esfuerzos , soldadura no homogénea, cepillado deficiente, rotura de la soldadura.	<p>1- Mantenimiento mecánico calibre las mordazas.</p> <p>2-Descarte de la sección de la banda dañada. Hacer el corte en el valle de la ondulación (no en la cresta).</p> <p>3-Incrementar la frecuencia de limpieza de las mordazas. (cada vez que se suelde).</p>

La Tabla 2 fue publicada y divulgada a los operadores con previo acuerdo con los supervisores y la superintendencia, de ésta se evidencia, que los puntos críticos para que la soldadura no presente problemas de cuadratura son:

- **La Cizalla III** : Es la que le dá el corte ortogonal a la banda y debe garantizarse siempre su uso correcto y su buen funcionamiento en todo momento, así como de las guías que le dan la posición correcta a la banda antes del corte.

- **Los centradores de canto:** Una vez que las bandas a soldar tienen el corte ortogonal hecho, pasan a la máquina soldadora, la cual posee los centradores cuya función es que las bandas tengan un centrado óptimo antes de soldar. Se debe garantizar su uso correcto y su buen funcionamiento en todo momento.

- **La espada calibradora:** Le dá la separación final a las bandas antes de soldar y debe garantizarse siempre su calibración adecuada y su uso correcto según el ancho y espesor de las bandas a soldar.

- **Las mordazas de sujeción:** Sujetan las bandas a soldar y deben estar siempre paralelas entre si tanto en el plano vertical como horizontal, debe garantizarse su buen uso y funcionamiento.

- **La limpieza de los equipos:** La escoria formada por la soldadura entorpece el buen funcionamiento de estos, las mordazas debe limpiarse con el cepillo cada vez que se suelde.

- **Inspección visual:** Esta parte es la más crítica ya que el operario debe efectuar una inspección visual, a cada una de las operaciones realizadas para garantizar la calidad de la soldadura.

5.1.3 ENCALLES PRODUCIDOS POR SOLDADURA DESCUADRADA

Durante el estudio de la cuadratura ortogonal de las bandas soldadas se identificó la frecuencia de encalles (atascamiento del material en cualquier equipo de las líneas de producción, que trae como consecuencia demoras en el proceso.) producidos por soldadura descuadrada tomando como referencia Decapado I entre los meses de enero a noviembre del 2003.

En el Gráfico 6 se observa, que los encalles por soldadura descuadrada representan un 10% del total de encalles en Decapado I, con una duración de 95,40 min. Al eliminarse estos encalles ese tiempo se gana impactando positivamente en la productividad, además de cumplir con una de las exigencias puestas por nuestro cliente interno (Tandem) para aceptar la sección soldada como parte de la bobina de acero. Cabe destacar que este beneficio es un valor agregado del estudio ya que este no estaba incluido en los objetivos de esta investigación.

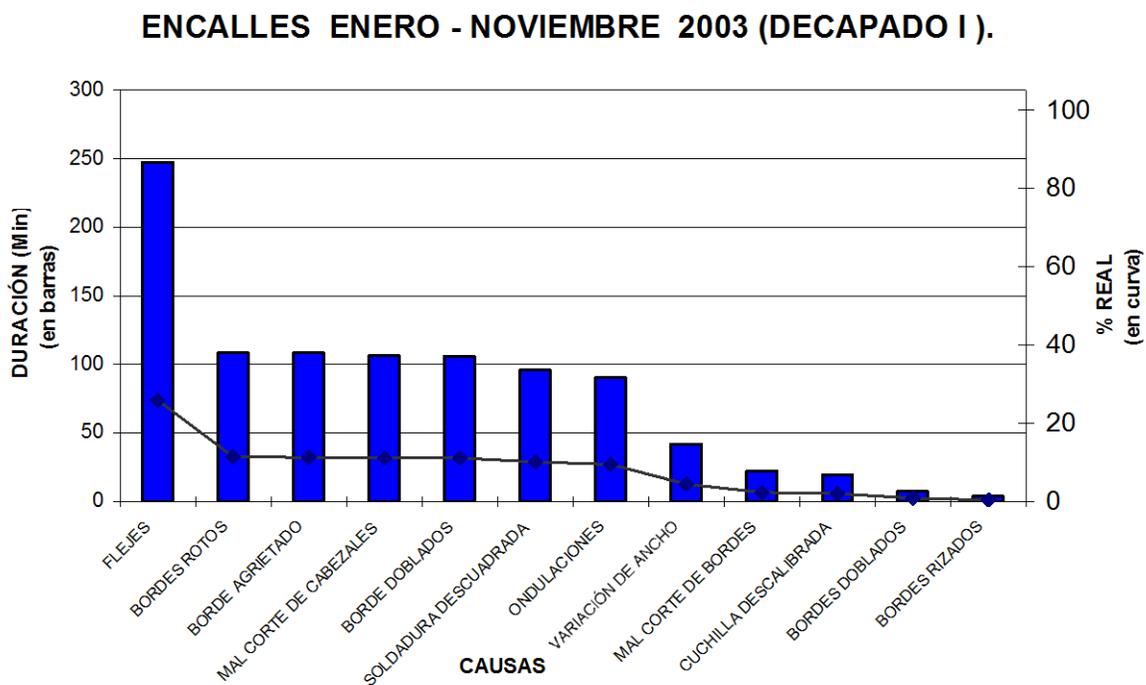


Gráfico 6. Encalles producidos por soldadura descuadrada

5.2 CEPILLADO ÓPTIMO DEL CORDÓN DE SOLDADURA

El cordón de soldadura que se produce al unir las dos bandas pasa inmediatamente a la cepilladora, cuya función principal es eliminar la escoria del cordón de soldadura y darle un acabado uniforme a la unión soldada. Este cordón debe tener un cepillado limpio y cumplir con las exigencias puestas por el cliente interno (Tandem) para que acepten el cordón soldadura como parte de la bobina.

Para esto se recopiló información relacionada con el tema de visitas de técnicas hechas por SIDERAR, complementadas con entrevistas a los operarios de la planta y a los ingenieros de procesos encargados de las líneas. A continuación se muestran las condiciones necesarias para lograr un cepillado óptimo del cordón de la soldadura :

- Calibrar la cepilladora de tal manera que la penetración en el cordón sea de 0.1mm por debajo de la superficie y tenga un ancho de ente 12-15 mm, para evitar que los rodillos del Tandem sean marcados por resaltes.(Ver figura 7)

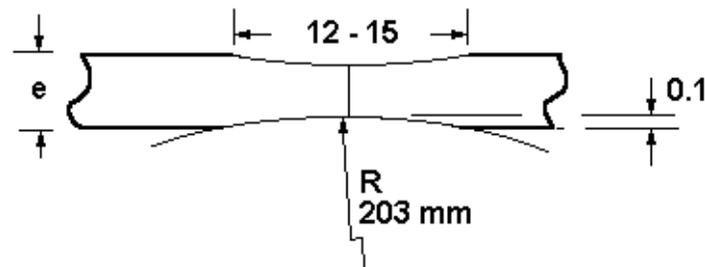


Figura 7. Cepillado del cordón de soldadura (Vista de Perfil)

- Se debe garantizar al pie de la máquina soldadora un portaherramientas con cuchillas calibradas, además de adquirir un juego adicional que permita la rotación de estos para que siempre haya uno calibrado montado en la línea.
- Normalizar el sistema de movimiento vertical, para que el portaherramienta incida sobre el cordón de manera uniforme logrando un cepillado parejo y limpio.

- Los sopladores deben estar paralelos a la banda para que no incidan sobre la soldadura, enfriándola .
- El cepillado debe hacerse en un rango de temperatura de entre 600-800 °C.
- Usar cuchillas con ángulo de descarga, para que la viruta desprendida no entorpezca el cepillado.
- Cambiar el diseño de las pastillas por una con múltiples filos rotables y así incrementar su rendimiento.
- Verificar el estado de los filos de las cuchillas en forma periódica en el turno.
- Proveer de buena iluminación a la zona del cepillado para mejorar el desempeño del operario en cuanto a la inspección visual .

5.3 CÁLCULO DEL TIEMPO DE DESPUNTE (DESCARTE DE SECCIÓN SOLDADA)

Durante el registro de tiempos del descarte de la sección soldada, se empleo el método continuo, para una muestra conformada por 105 observaciones las cuales están distribuidas de la siguiente manera : Cuadrilla “A” (25 Obs.) , Cuadrilla “B” (25 Obs.), Cuadrilla “C” (26 Obs) y Cuadrilla “D” (29 Obs.). Cabe destacar que el descarte de la sección soldada es una micro-operación y sobre su duración no incide el tipo de material, el ancho o el espesor de la sección. Las muestras fueron tomadas en la línea de Decapado I .

5.3.1 CÁLCULO DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE LA MUESTRA.

Para determinar el número de ciclos a estudiar se empleó el método estadístico basado en la distribución t de Student , puesto que la muestra piloto para cada cuadrilla consistió en observaciones menores de 30. Asimismo, se estableció un coeficiente confianza (c) de 95%. Las fórmulas empleadas en la determinación del Intervalo de Confianza y el Intervalo de la Muestra se presentan a continuación en la Tabla 3:

El valore de t_c es el dato aportado por la tabla t de student (Ver anexo 9) dependiendo del nivel de confianza y del número de muestras tomadas para el estudio. El criterio de aceptación de la muestra según la confiabilidad establecida es el siguiente : Si $I_m \leq I$, se acepta ; de lo contrario se rechaza y habría que recalculer el tamaño de la muestra.

Tabla 3. Fórmulas empleadas para determinar el tamaño óptimo de la muestra.

Elemento	Descripción	
Desviación Estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum(T)^2 - (\sum T)^2 / n}{n-1}}$	<u>Donde:</u> T: Lectura de cada elemento n: Número de observaciones. \bar{x} : Media. S: Desviación estándar de la muestra. t_c : Valor del estadístico de la distribución t de Student .
Media	$\bar{x} = \frac{\sum T}{n}$	
Intervalo de Confianza	$I = \bar{x} \pm \frac{t_c \times S}{\sqrt{n}}$	
Intervalo de la muestra	$I_m = \frac{2 \times t_c \times S}{\sqrt{n}}$	

En la Gráfico 7 se observa el comportamiento de los tiempos estudiados para la Cuadrilla "A" . En el caso de la observación 22 se ve que hay un pico debido a una eventualidad (mal corte de bordes) , por lo que este tiempo no se toma para el estudio .

Tiempo de Despunte Cuadrilla "A"

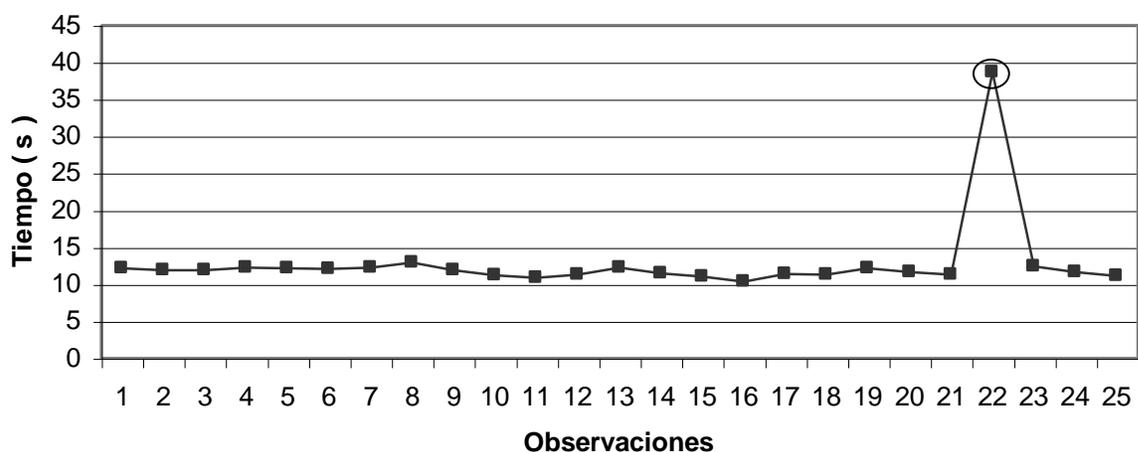


Gráfico 7. Tiempo de Despunte de la Cuadrilla "A"

En la Tabla 4, se observa que se cumple la condición que "Im" sea menor a "I", por lo que se acepta el tamaño de muestra con la confiabilidad preestablecida.

Tabla 4. Cuadrilla "A"

CUADRILLA "A"							
Nro. Obs.	Nivel de confianza	Factor TC	S	X	Im	I	Im ≤ I
24	95 %	1,714	0,590	11,678	0.413	11.884	SI

En el Gráfico 8, se ve que el tiempo que más se repite es 11,605 por lo cual este es el valor real del tiempo. (Tiempo de despunte Cuadrilla "A"= 11,605 s.)

Cuadrilla "A"

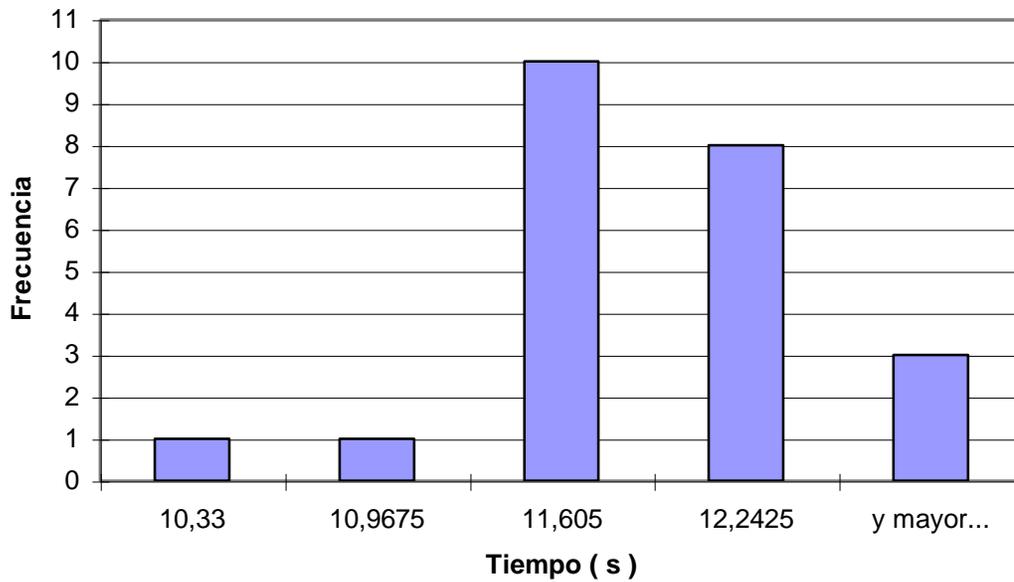


Gráfico 8. Histograma de Frecuencia del Tiempo de Despunte de la Cuadrilla "A".

En el Gráfico 9, se observa el comportamiento de los tiempos estudiados para la Cuadrilla "B". En el caso de la observación 21 se ve que hay un pico debido a una eventualidad (se atoró la cizalla), por lo que este tiempo no se toma para el estudio.

Tiempo de Despunte Cuadrilla "B"

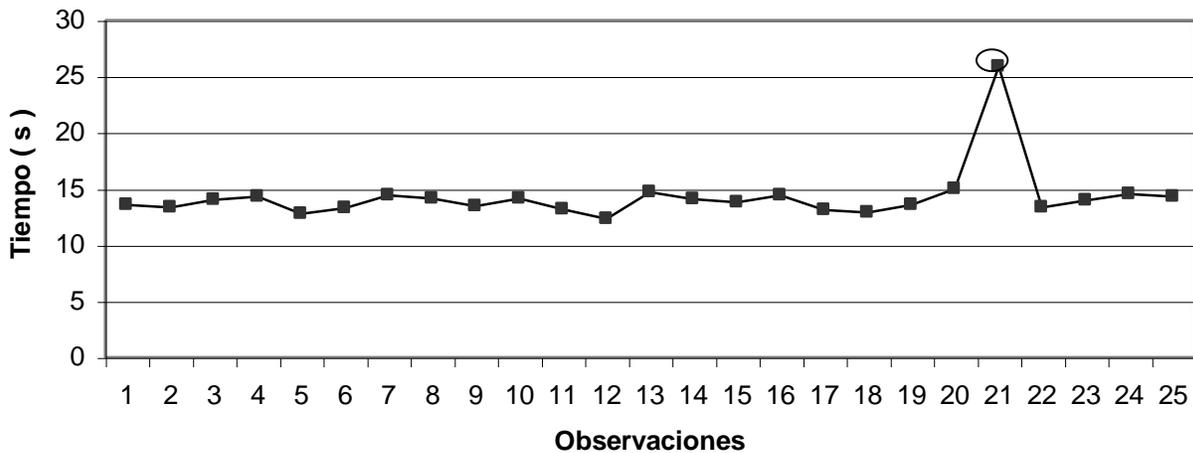


Gráfico 9. Tiempo de Despunte de la Cuadrilla "B"

En la Tabla 5, se observa que se cumple la condición que “Im” sea menor a “I”, por lo que se acepta el tamaño de muestra con la confiabilidad preestablecida.

Tabla 5. Cuadrilla “B”

CUADRILLA “B”							
Nro. Obs.	Nivel de confianza	Factor TC	S	X	Im	I	Im<= I
24	95 %	1,714	0,6656	13,557	0.466	13,733	SI

En el Gráfico 10, se ve que el tiempo que más se repite es 13,625 por lo cual este es el valor real del tiempo. (Tiempo de despunte Cuadrilla “B”= 13,625 s.).

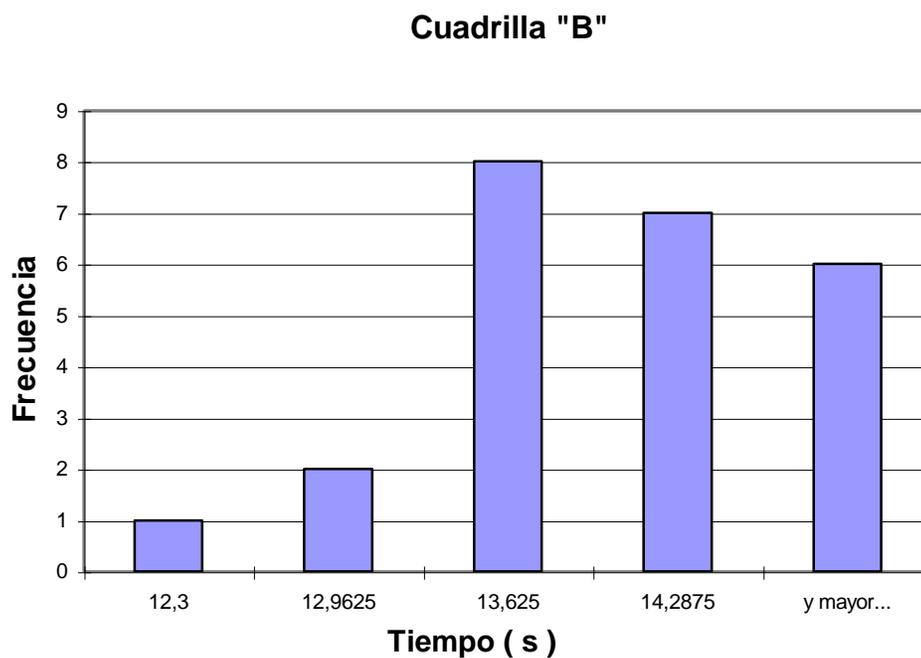


Gráfico 10. Histograma de Frecuencia del Tiempo de Despunte de la Cuadrilla “B”.

En el Gráfico 11, se observa el comportamiento de los tiempos estudiados para la Cuadrilla "C". En el caso de la observaciones 7 y 22 se ven dos picos debidos a eventualidades (cambio de ancho y defectos en la bobina respectivamente), por lo que estos tiempos no se toman para el estudio . El caso del "cambio de ancho", se trata de un retraso normal en el tiempo de operación que se da con cierta frecuencia dependiendo del programa de producción, por lo que no sería modificado con las mejoras propuestas en este trabajo, es decir, en estos casos, no habría modificación alguna.

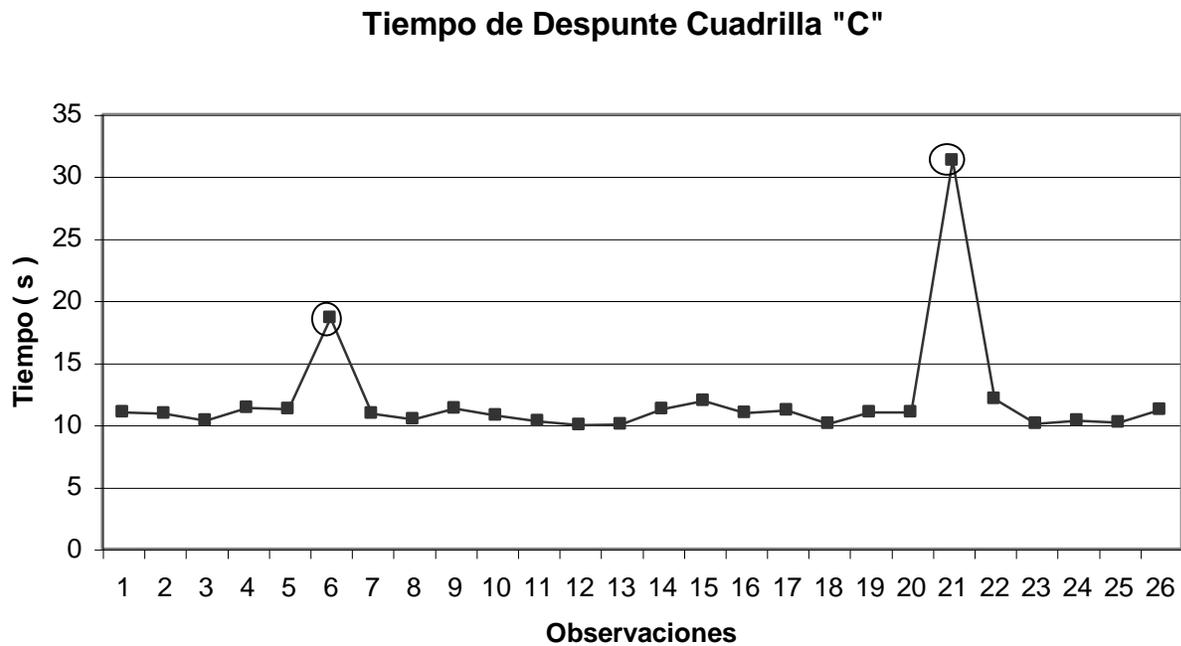


Gráfico 11. Tiempo de Despunte de la Cuadrilla "C"

En la Tabla 6, se observa que se cumple la condición que "Im" sea menor a "I", por lo que se acepta el tamaño de muestra con la confiabilidad preestablecida.

Tabla 6. Cuadrilla "C"

CUADRILLA "C"							
Nro. Obs.	Nivel de confianza	Factor TC	S	X	Im	I	Im <= I
24	95 %	1,714	0,5866	10,809	0.4129	11,023	SI

En el Gráfico 12, se ve que el tiempo que más se repite es 11,03 por lo cual este es el valor real del tiempo. (Tiempo de despunte Cuadrilla "C"= 11,03 s).

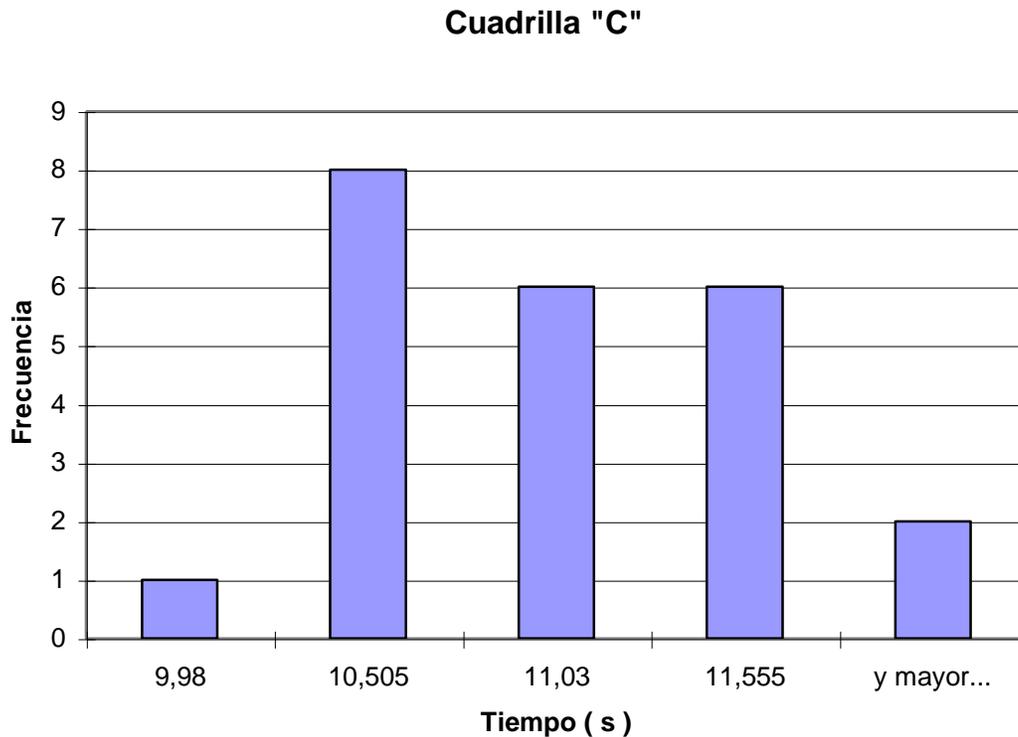


Gráfico 12. Histograma de Frecuencia del Tiempo de Despunte de la Cuadrilla "C".

En el Gráfico 13, se observa el comportamiento de los tiempos estudiados para la Cuadrilla "D". En el caso de la observaciones 2, 4, 8, 15 y 20 se ven picos debidos a eventualidades (defectos en la bobina) , por lo que estos tiempos no se toman para el estudio . Para la observación 21 se ve otro pico debido a otra eventualidad (se atoró la cizalla) , por lo que tampoco se toma para el estudio.

Tiempo de Despunte Cuadrilla "D"

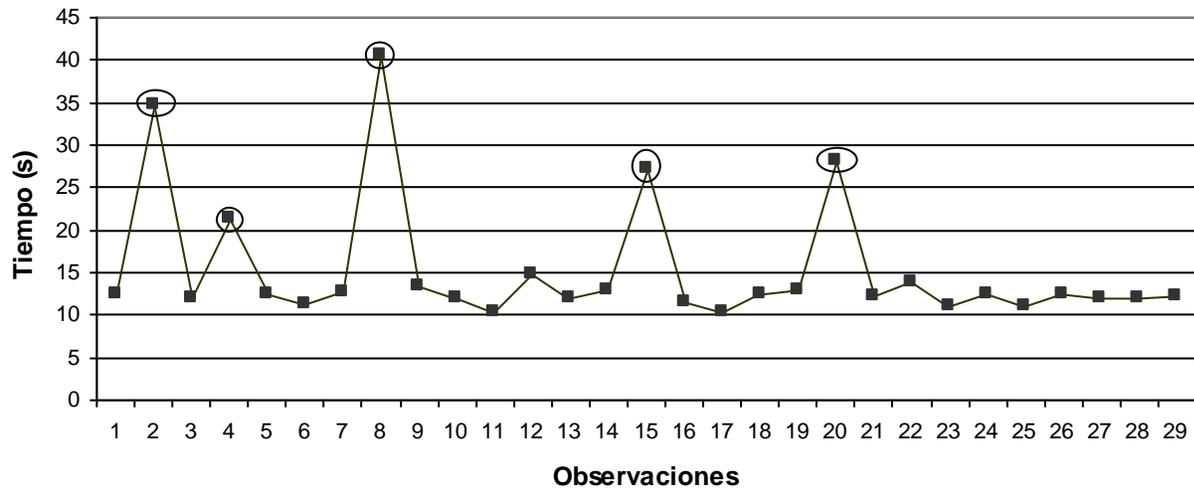


Gráfico 13. Tiempo de Despunte de la Cuadrilla "D".

En la Tabla 7, se observa que se cumple la condición que "Im" sea menor a "I", por lo que se acepta el tamaño de muestra con la confiabilidad preestablecida.

Tabla 7. Cuadrilla "D"

CUADRILLA "D"							
Nro. Obs.	Nivel de confianza	Factor TC	S	X	Im	I	Im <= I
24	95 %	1,714	1,00354	12,1616	0.713	12,3680	SI

En el Gráfico 14, se ve que el tiempo que más se repite es 12,545 por lo cual este es el valor real del tiempo. (Tiempo de despunte Cuadrilla "D"= 12,545 s.).

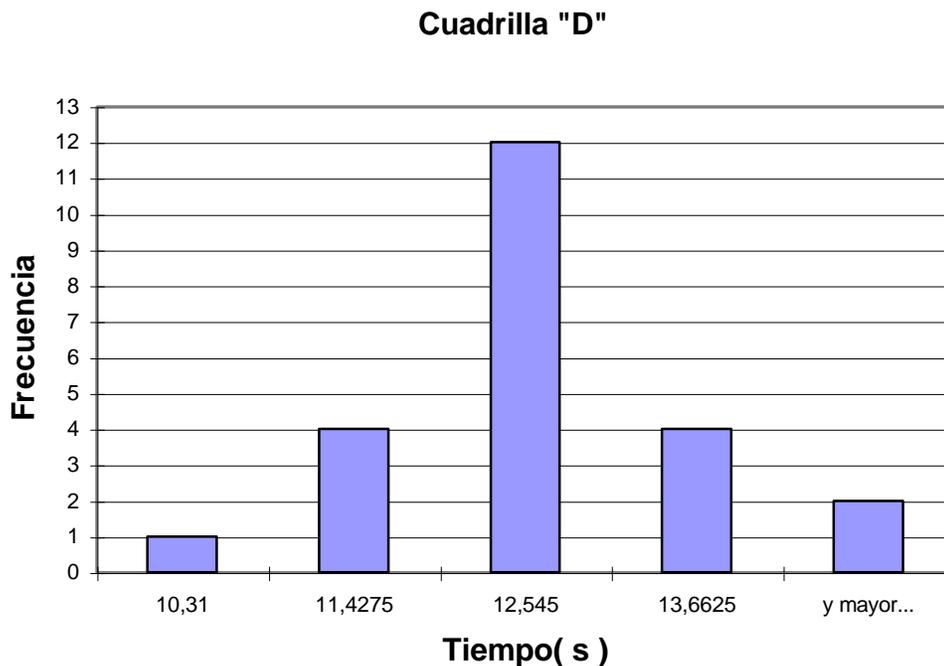


Gráfico 14. Histograma de Frecuencia del Tiempo de Despunte de la Cuadrilla "D".

Para obtener un tiempo único de despunte se calculó el promedio de los tiempos de despuntes reales de las 4 cuadrillas , obteniéndose el siguiente valor : **TIEMPO REAL DE DESPUNTE = 12,285 s.**

5.4 LONGITUD Y PESO DEL DESCARTE DE SOLDADURA

El cálculo de la longitud y peso del descarte de la sección soldada, se hizo con la finalidad de saber exactamente la cantidad de material que actualmente se descarta por bobina en cuanto a peso y dimensión en ambas líneas de Decapado . Esto se hizo para saber en cuánto aumentaría la productividad de ambas las líneas y así justificar y cuantificar el estudio.

5.4.1 CÁLCULO DE LONGITUD DEL DESCARTE DE SOLDADURA

Para el cálculo de la longitud real del descarte de soldadura se empleo una cinta métrica de escala 0,001 m., la cual se utilizo para medir la distancia del cordón de soldadura a ambos cortes hechos por el operario , ya que el ancho y el espesor son constantes.

Para determinar el número de ciclos a estudiar se empleó el método estadístico basado en la distribución normal, puesto que la muestra piloto consistió en 41 muestras (mayor a las 30 observaciones establecidas para la distribución t de Student). Asimismo, se estableció un coeficiente confianza (c) de 95% (Ver Tabla 3).

El valores de t es el dato aportado por la tabla de distribución t de Sttudent (Ver anexo 9) dependiendo del nivel de confianza y del número de muestras tomadas para el estudio. El criterio de aceptación de la muestra según la confiabilidad establecida es el siguiente : Si $Im \leq l$, se acepta ; de lo contrario se rechaza y habría que recalcular el tamaño de la muestra.

Se tomaron 41 muestras de longitud de descartes de soldadura , cuya distribución se muestra en el Gráfico 15:

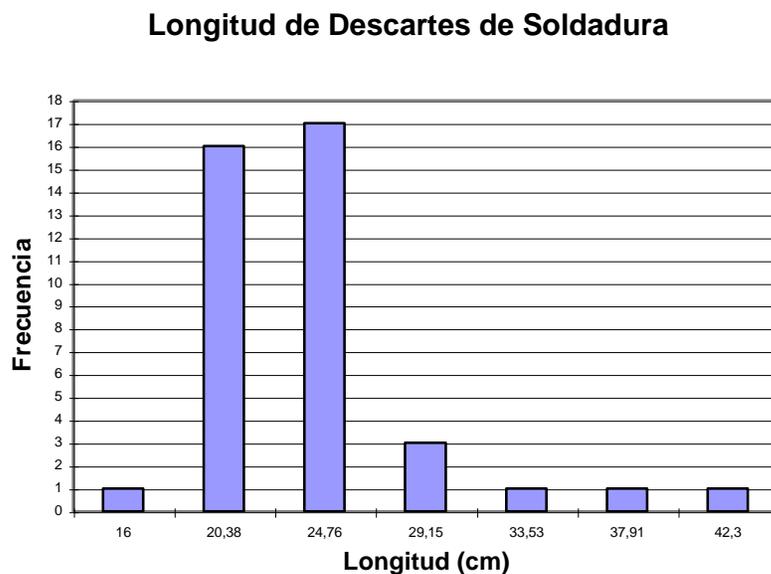


Gráfico 15. Longitud del Descarte de Soldadura.

En la Tabla 8, se observa que se cumple la condición que “Im” sea menor a “I”, por lo que se acepta el tamaño de muestra con la confiabilidad preestablecida.

Tabla 8. Longitud del Descarte

LONGITUD DEL DESCARTE							
Nro. Obs.	Nivel de confianza	Factor TC	S	X	Im	I	Im<= I
41	95 %	1,648	4,8990	21,790	2,521	23,051	SI

El valor promedio obtenido para la longitud del descarte fue : **LONGITUD DEL DESCARTE REAL : 21,790 cm.**

5.4.2 CÁLCULO DEL PESO DEL DESCARTE DE SOLDADURA Y DE LA CAJA DE CHATARRA

Para el cálculo del peso del descarte de la sección soldada se utilizo el promedio de la longitud del descarte de soldadura (ver cálculo de longitud de descarte de soldadura) y del promedio del ancho y espesor de las bobinas que se procesan con mayor frecuencia en cada una de las líneas (ver anexo 2).

Para la línea de Decapado I los datos utilizados para el cálculo del peso de descarte de soldadura por bobina y el peso de la caja de chatarra se reflejan en la Tabla 9:

Tabla 9. Valores utilizados para el cálculo del peso del Descarte (Decapado I).

ESPEJOR PROMEDIO (METROS)	ANCHO PROMEDIO (METROS)	LONGITUD PROMEDIO (METROS)	DENSIDAD DEL ACERO (t / m³)	FRECUENCIA DE RETIRO DE CAJA DE CHATARRA (HORAS)	DESCARTES POR HORA
0,003	1,2	0,218	7,83	24	8

PESO DEL DESCARTE = ESPESOR x ANCHO x LONGITUD x DENSIDAD x 1000

PESO DEL DESCARTE (DECAPADO I) = 6,14 kg/descarte.

PESO DE LA CAJA = FRECUENCIA x DESCARTES/HORA x PESO DE DESCARTE

PESO DE LA CAJA (DECAPADO I) = 1178,9 kg/caja.

Para la línea de Decapado II los datos utilizados para el cálculo del peso de descarte de soldadura por bobina y el peso de la caja de chatarra se reflejan en la Tabla 10:

Tabla 10. Valores utilizados para el cálculo del peso del Descarte (Decapado II).

ESPESOR PROMEDIO (METROS)	ANCHO PROMEDIO (METROS)	LONGITUD PROMEDIO (METROS)	DENSIDAD DEL ACERO (t / m³)	FRECUENCIA DE RETIRO DE CAJA DE CHATARRA (HORAS)	DESCARTES POR HORA
0,00225	0,90	0,218	7,83	24	8

PESO DEL DESCARTE = ESPESOR x ANCHO x LONGITUD x DENSIDAD x 1000

PESO DEL DESCARTE (DECAPADO II) = 3,45 kg/descarte.

PESO DE LA CAJA = FRECUENCIA x DESCARTES/HORA x PESO DE DESCARTE

PESO DE LA CAJA (DECAPADO II) = 662,4 kg/caja.

5.5 CÁLCULO DE DISPONIBILIDAD DE LA GRÚA QUE SE ENCARGA DE EL DESALOJO DE LA CAJA DE CHATARRA

Diariamente una de las grúas con que cuenta el galpón donde se encuentran las líneas de Decapado, tiene que ser utilizada para el desalojo de la caja de chatarra restándole disponibilidad a este equipo para otras funciones. En ocasiones una de las líneas debe detenerse para esperar que la grúa se desocupe y así pueda desalojar la chatarra.

El tiempo de desalojo se calculó para saber exactamente cuanto aumenta la disponibilidad de este útil equipo. El resultado de este estudio se refleja en la tabla 11:

Tabla 11. Tiempos Promedios de Desalojo de Caja de Chatarra por Cuadrilla

CUADRILLA	TIEMPO DE DESALOJO DE CHATARRA (min.)
A	11,20
B	12,41
C	13,40
D	12,02
PROMEDIO DEL TIEMPO DE DESALOJO	12,257 MIN

5.6 CÁLCULO DE LOS LÍMITES DE CONTROL DE LAS VARIABLES DE LA SOLDADURA

Para el cálculo de los límites de control de la soldadura se examinó la base de datos de todo el material que se procesó en Decapado I y en Decapado II, según los datos históricos proporcionados (Ver anexo 2), en total se lograron reunir 126 muestras a las cuales se le aplicó la prueba de embutido en tres puntos a lo largo del cordón (en los dos extremos y en el centro), determinando de esta manera si eran aceptadas o rechazadas (Ver anexo1). El criterio de aceptación fue el siguiente: Si el cordón rompió en los tres puntos de manera transversal se consideró aceptada y si en cualquiera de los puntos rompe a lo largo del cordón se consideró rechazada. Las muestras tomadas se separaron por ancho, espesor y tipo de acero (TACE) y se utilizaron para el cálculo de los límites de control solo las que resultaron aceptadas en la prueba de embutido.

5.6.1 CÁLCULO DEL TAMAÑO ÓPTIMO DE LA MUESTRA

Debido a que la soldadura posee 10 variables (corriente, tensión, posición lado motor, posición lado operador, presión de mordaza entrada, presión de mordaza salida, presión de avance, presión de recalque, tiempo de soldadura y longitud del recalque), se determinó primero cual de ellas posee mayor desviación estándar para así en base a esa variable calcular el tamaño de la muestra. En el Gráfico16, se ve la desviación estándar de variables de soldadura y se observa que la variable que más variación tiene es la corriente por lo que esta es la que se escoge para calcular el tamaño de la muestra necesaria.

Desviación Estándar de las Variables de Soldadura.

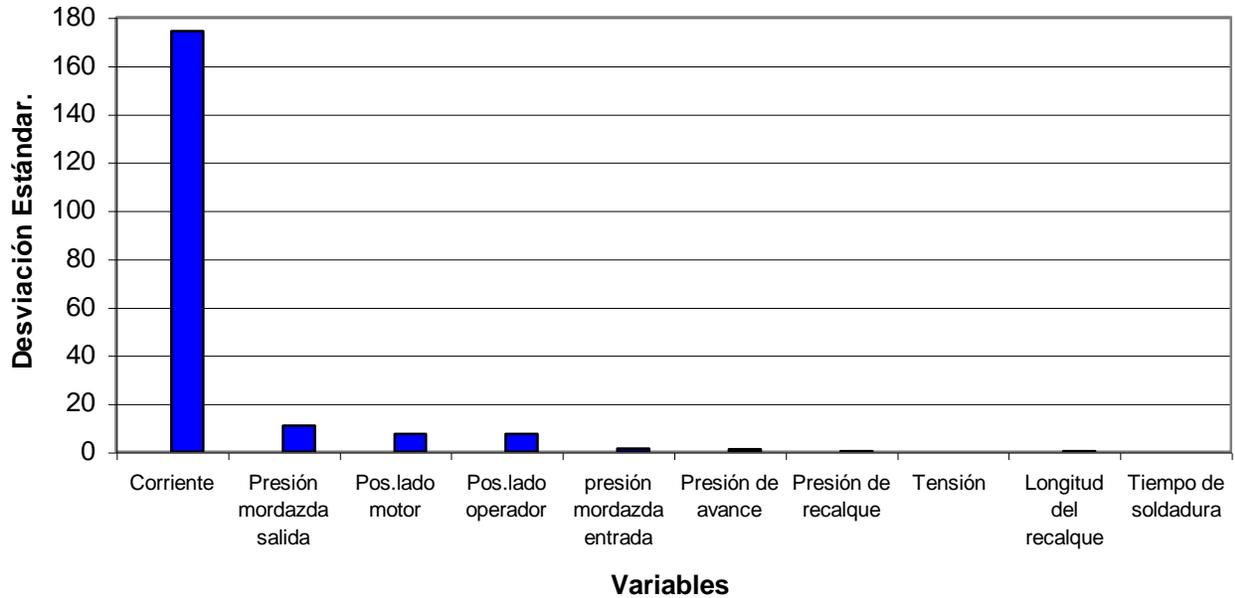


Gráfico 16. Desviación Estándar de las Variables de la Soldadura.

Para determinar el número de ciclos a estudiar se empleó el método estadístico basado en la distribución t de Student , puesto que la muestra piloto para cada grupo formado (ancho, espesor y tipo de acero) fue de entre 6 a 10 muestras . Asimismo, se estableció un coeficiente confianza (c) de 95%. Las fórmulas empleadas en la determinación del Intervalo de Confianza y el Intervalo de la Muestra se presentaron en la Tabla 3.

El valores de t es el dato aportado por la tabla de distribución t de student (Ver anexo 9) dependiendo del nivel de confianza y del número de muestras tomadas para el estudio. El criterio de aceptación de la muestra según la confiabilidad establecida es el siguiente: Si $I_m \leq I$, se acepta ; de lo contrario se rechaza y habría que recalcular el tamaño de la muestra.

En la Tabla 12, se observa que se cumple la condición que “ I_m ” sea menor a “ I ”, por lo que se acepta el tamaño de muestra con la confiabilidad preestablecida, para muestras mayores de 6 observaciones.

Tabla 12. Valores para Calcular la Confiabilidad del Estudio de la Variable Corriente

CORRIENTE							
Nro. Obs.	Nivel de confianza	Factor TC	S	X	Im	I	Im<= I
6	95 %	2,0156	29,107	372,6	52,46	396,30	SI

5.6.2 LIMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE CORRIENTE (AMPERIOS)

Para el caso de la corriente (amperaje), debido a que su comportamiento es muy variable a lo largo del tiempo de la soldadura, las gráficas se dividieron en 6 zonas, donde el comportamiento es más uniforme y los límites de control se pueden establecer más fácilmente. Para el estudio se tomaron las gráficas de las muestras de descarte de soldadura que resultaron aceptadas en la prueba de embutido bajo el criterio preestablecido.

Para cada una de las zonas establecidas, se tomo el valor mayor y se le sumo un 10% de holgura para obtener el límite de control superior de esa zona. Para el límite de control inferior se tomo el menor valor de cada una de las zonas y se le resto el 10% de holgura.

De esta manera se garantiza que todos los valores de corriente de las soldaduras aceptadas queden dentro de los límites de todas aquellas soldaduras que puedan tener una variación del 10% con respecto a las muestras. Este factor de 10% se ajustaría luego si se ensaya una muestra que “sale” de dicho margen y se acepta según la prueba de embutido.

En el Gráfico 17 se muestra de que manera se presentarán los límites de control para la variable corriente .

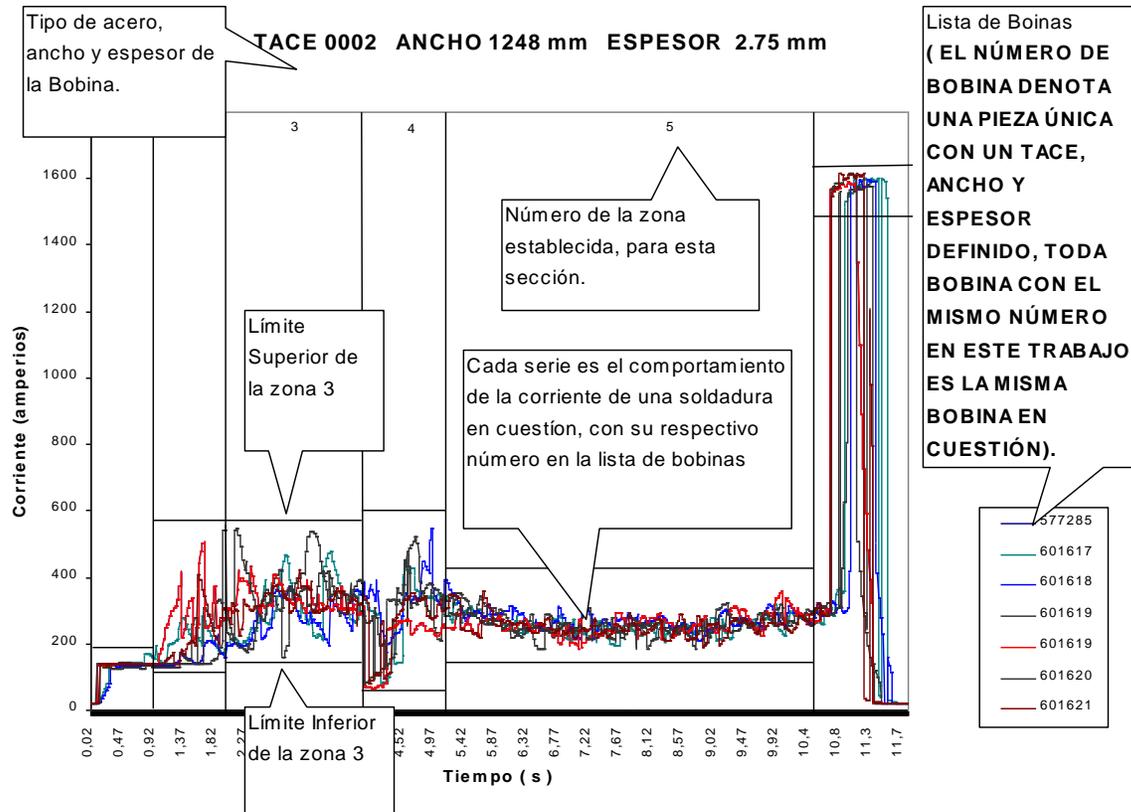


Gráfico 17. Elementos de la Gráfica de Soldadura.

A continuación se muestran los límites de control establecidos para la variable corriente de acuerdo a los grupos formados según el tipo de acero (TACE), ancho y espesor, mostrando en la leyenda el número de bobina en caliente al cual pertenece la muestra tomada. Se muestra primero los grupos formados para el TACE 002, seguido del TACE 006 y por último el TACE 0328.

**TACE 002 ANCHO (700-799) mm ESPESOR. 2.75mm
(ancho real 728 mm)**

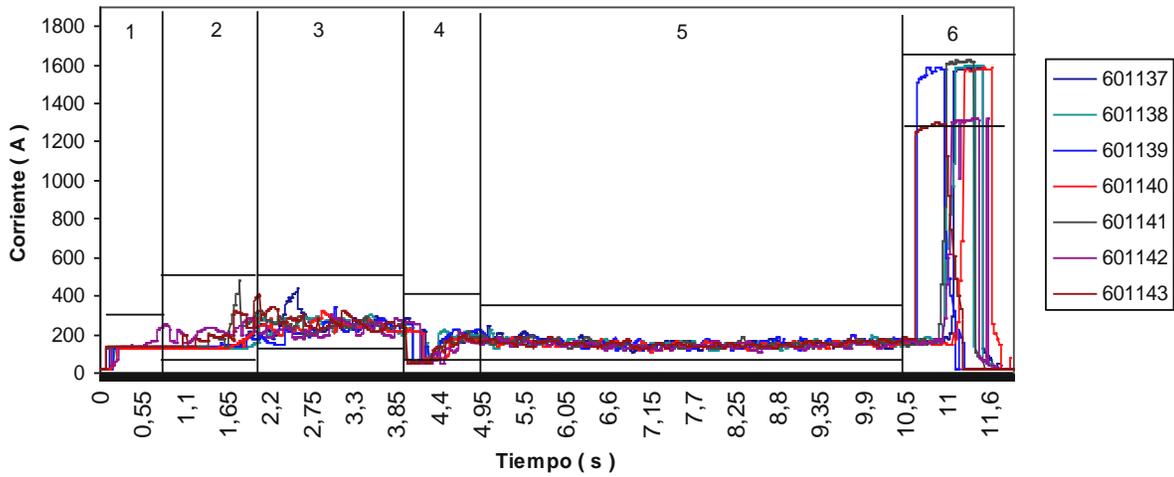


Gráfico 18. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (700-799) mm y espesor 2.75 mm.

Tabla 13. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (700-799) mm y espesor 2.75 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,7	246	0
2	0,71 – 3,4	529	124
3	2,01 – 4,0	479	132
4	4,01 – 5,0	294	42.3
5	5,01 – 10,5	260	102
6	10,51 – 11,6	1783	1170

**TACE 002 ANCHO (900-999) ESPESOR 2.75 mm
(ancho real 957 mm)**

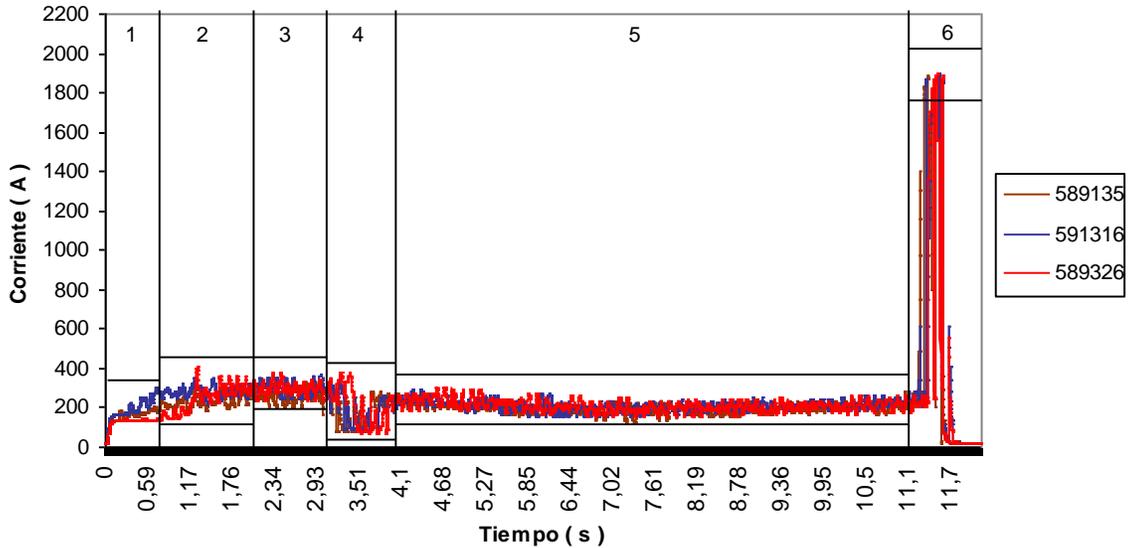


Gráfico 19. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (900-999) mm y espesor 2.75 mm.

Tabla 14. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (900-999) mm y espesor 2.75 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,7	270	0
2	0,71 – 2,0	427.9	130
3	2,01 – 3,0	266	197
4	3,01 – 4,0	399	80
5	4,01– 10,9	327	118
6	10,91– 11,9	2086	1616

**TACE 002 ANCHO (960-999) mm ESPESOR 2.75 mm
(ancho real 973 mm)**

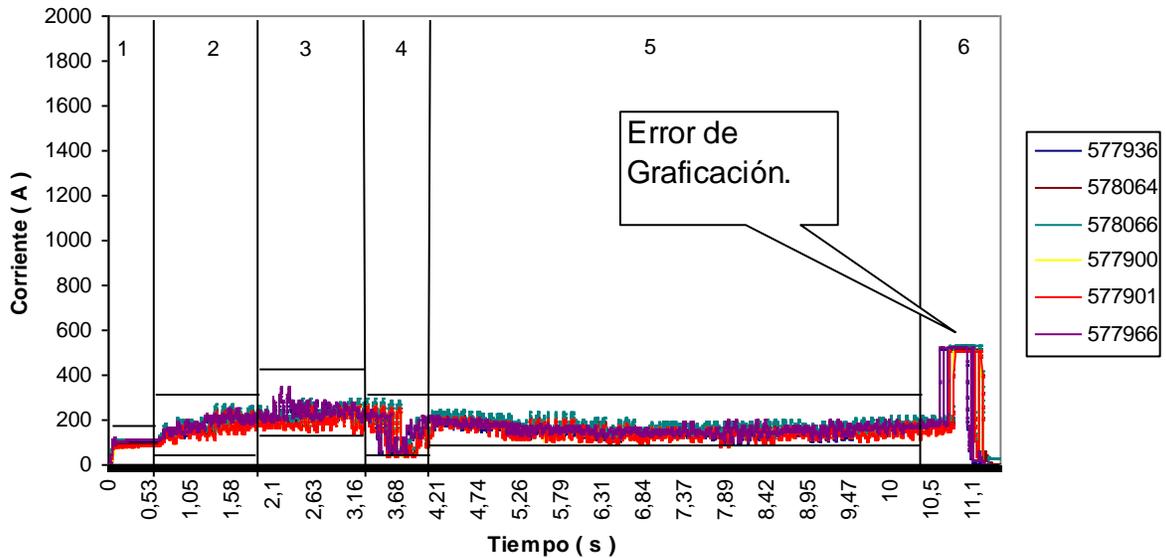


Gráfico 20. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (960-999) mm y espesor 2.75 mm.

Tabla 15. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (960-999) mm y espesor 2.75 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,7	132	0
2	0,71 – 2,0	298	90
3	2,01 – 3,5	353	123
4	3,51 – 4,3	322	30
5	4,31– 10,5 seg.	265	73
6	10,51– 11,2 seg.	2000	1500

**TACE 002 ANCHO (1200-1299) mm ESPESOR 2.75 mm
(ancho real 1248 mm)**

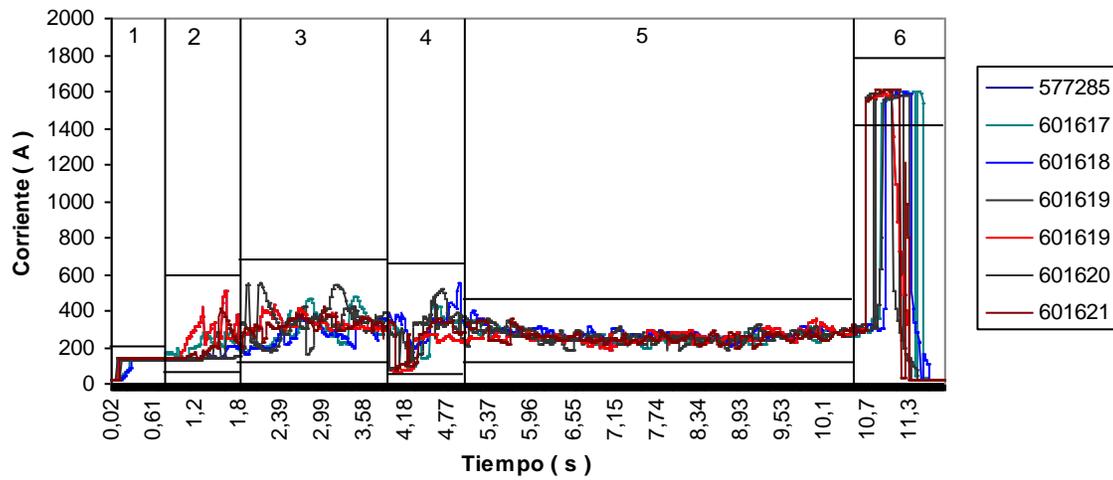


Gráfico 21. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1200-1299) mm y espesor 2.75 mm.

Tabla 16. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1200-1299) mm y espesor 2.75 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,7	151.8	0
2	0,71 – 3,4	555.5	124
3	2,01 – 4,0	610.5	144
4	4,01 – 5,0	600	65.7
5	5,01 – 10,5	421	165
6	10,51 – 11,6	1775	1387

**TACE 002 ANCHO (900-949) mm ESPESOR 3.0 mm
(ancho real 940 mm)**

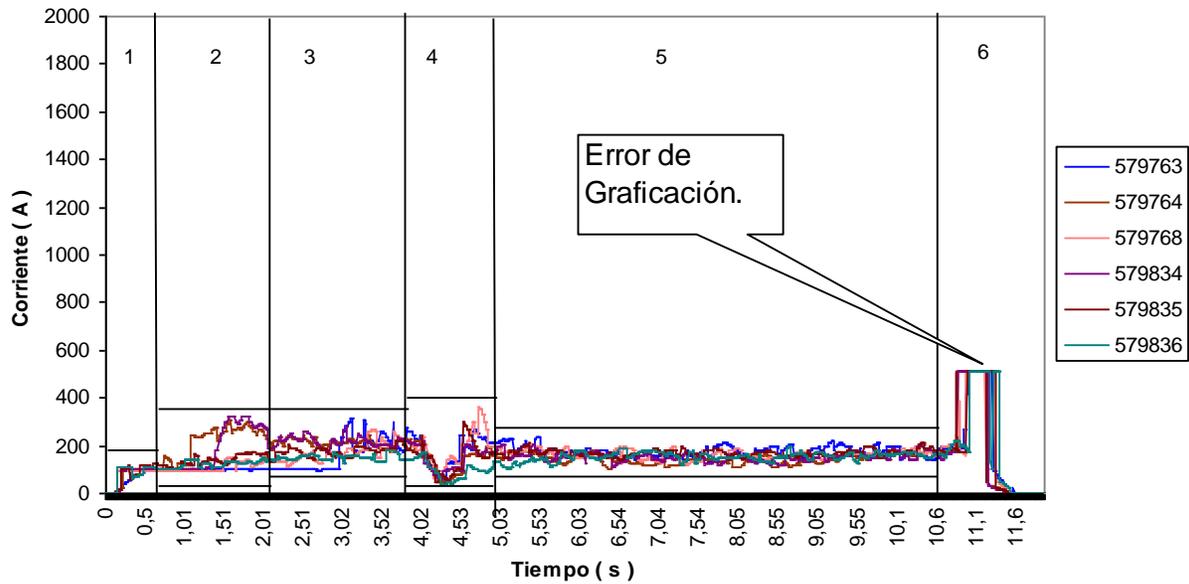


Gráfico 22. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (900-949) mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 17. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (900-949) mm y espesor 3.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,9	169	0
2	0,91 – 2,3	358	88
3	2,31 – 3,80	348	88
4	3,81 – 5	395	36
5	5,01 – 10,5	257	99
6	10,51 – 11,9	2000	1500

**TACE 002 ANCHO (950-999) mm ESPESOR 3.0 mm
(ancho real 962 mm)**

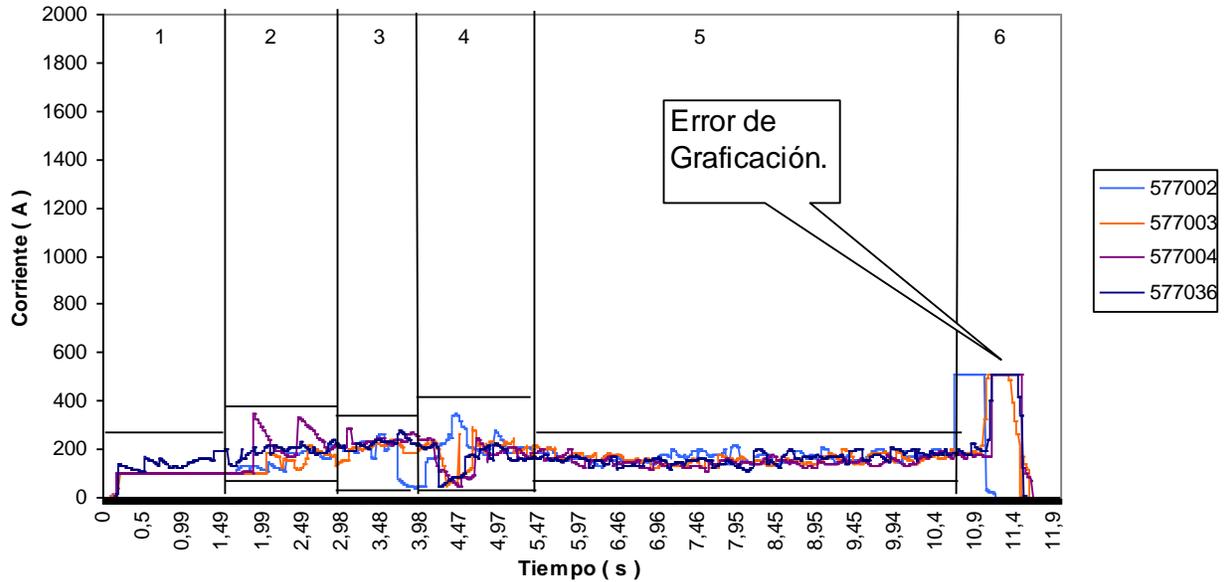


Gráfico 23. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (950-999) mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 18. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (950-999) mm y espesor 3.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 1,2	185	0
2	1,21 – 2,60	382	90
3	2,61 – 3,50	314	119
4	3,51 – 5	380	412
5	5,01– 10,5	242	95
6	10,51– 11,9	2000	1500

**TACE 002 ANCHO (1000-1099) mm ESPESOR 3.0mm
(ancho real 1028 mm)**

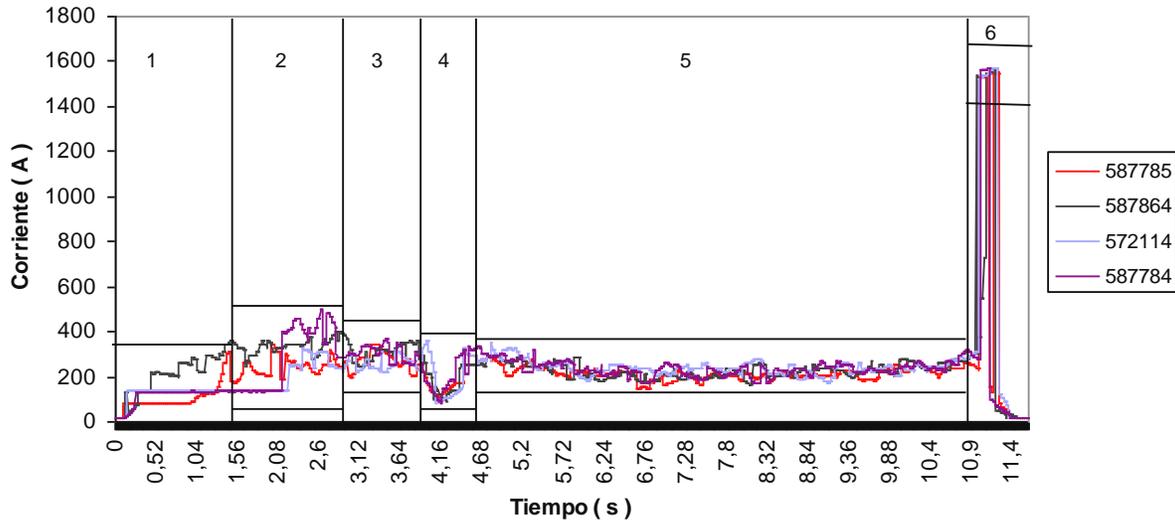


Gráfico 24. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1000-1099) mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 19. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1000-1099) mm y espesor 3.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 1,5	385	0
2	1,51 – 3,0	552	123
3	3,01 – 4,0	403	192
4	4,01 – 5,0	395	73
5	5,01– 10,9	388	131
6	10,91– 11,9	1728	1369

**TACE 002 ANCHO (1200-1230) mm ESPESOR 3.0 mm
(ancho real 1228 mm)**

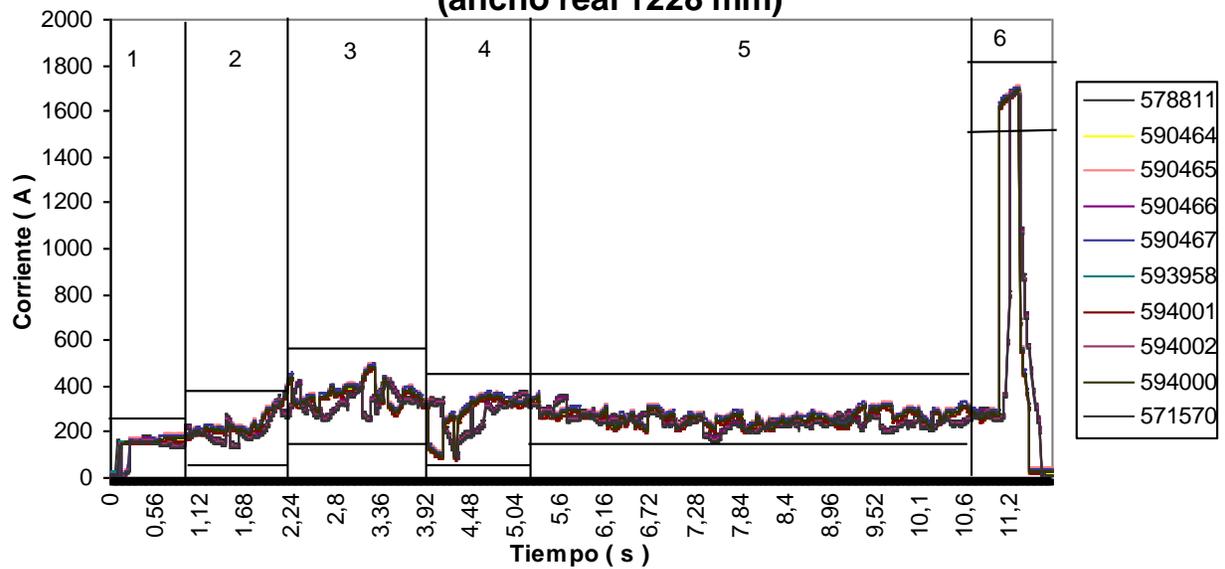


Gráfico 25. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1200-1230) mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 20. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1200-1230) mm y espesor 3.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 1,0	206	0
2	1,01 – 2,1	362	115
3	2,11 – 3,8	547	226
4	3,81 – 5,0	412	77
5	5,01 – 10,9	400	154
6	10,91 – 11,9	1860	1479

**TACE 002 ANCHO (1230-1249) mm ESPESOR 3.0 mm
(ancho real 1246 mm)**

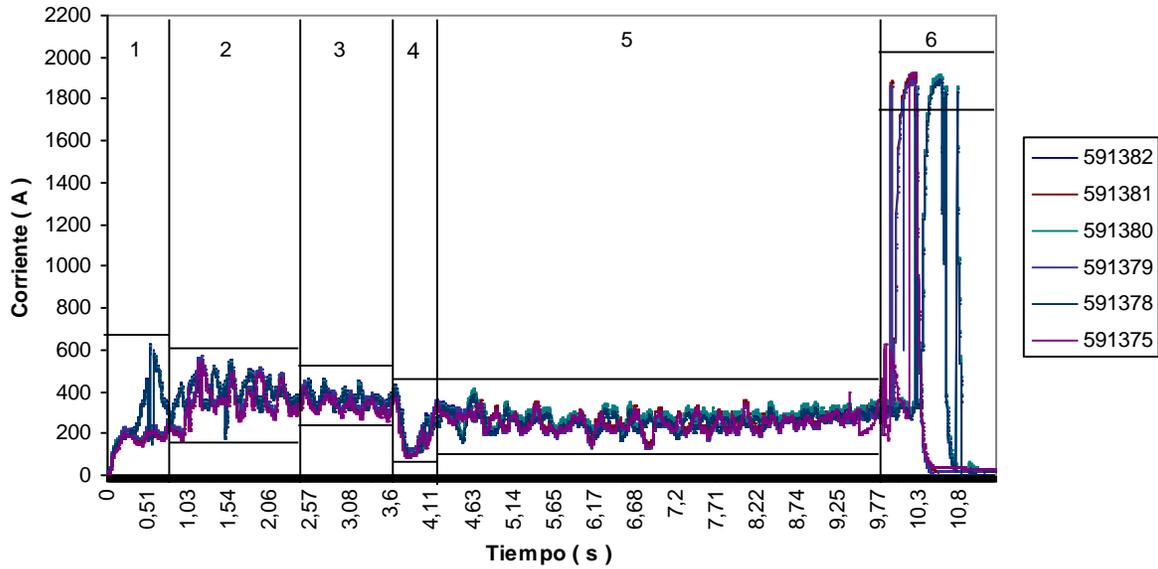


Gráfico 26. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1230-1249) mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 21. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1230-1249) mm y espesor 3.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,7	670	0
2	0,71 – 2,40	597	150
3	2,41 – 3,50	508	260
4	3,51 – 4,20	475	76
5	4,21 – 10.	445	121
6	10,01 – 11,9	2115	1653

**TACE 002 ANCHO (1250-1299) mm ESPESOR 3.0 mm
(ancho real 1255 mm)**

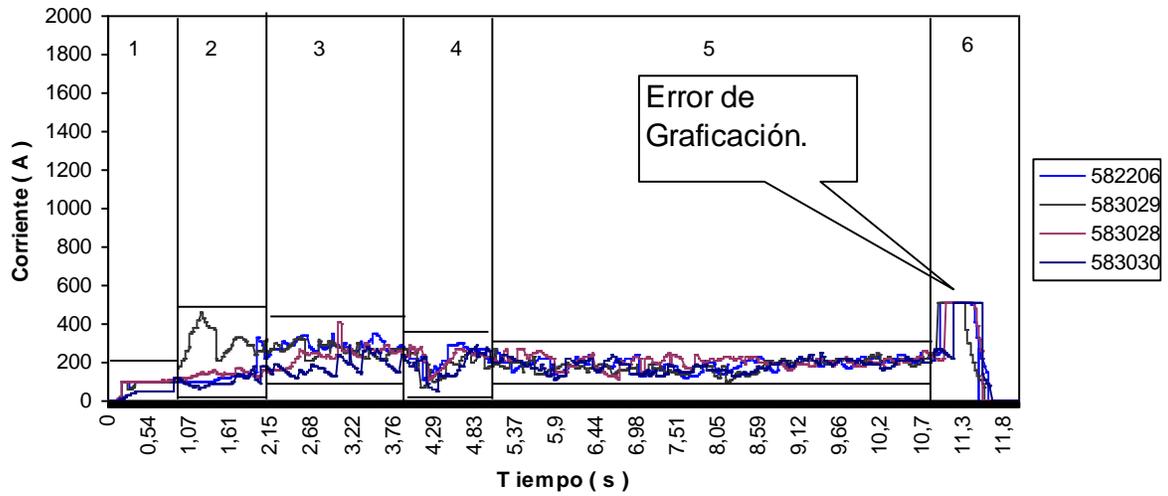


Gráfico 27. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1250-1299) mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 22. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1250-1299) mm y espesor 3.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,9	131	0
2	0,91 – 2.	507	93
3	2,01 – 3,80	449	143
4	3,81 – 5	332	67
5	5,01– 10,9.	302	95
6	10,91– 11,9	2000	1500

**TACE 002 ANCHO (800-899) mm ESPESOR 4.0 mm
(ancho real 846 mm)**

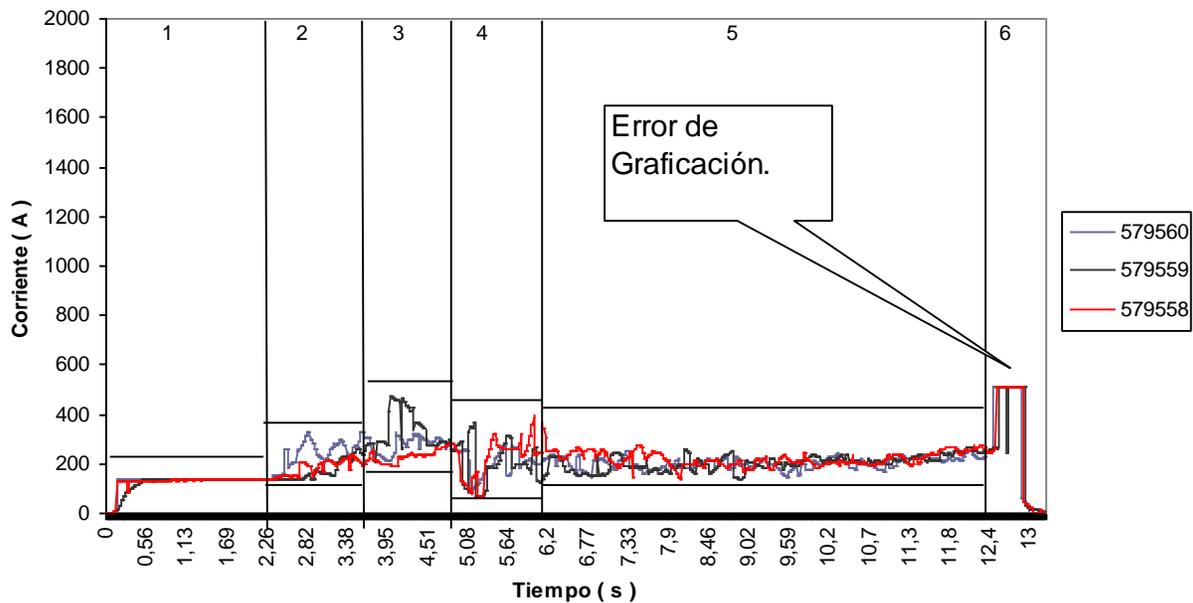


Gráfico 28. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (800-899) mm y espesor 4.0 mm.

Tabla 23. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (800-899) mm y espesor 4.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 2,15	148	0
2	2,16 – 3,50	355	124
3	3,51 – 4,80	523	173
4	4,81 – 6	437	59
5	6,01 – 11,80	302	129
6	11,81– 12,9	2000	1500

**TACE 002 ANCHO (1000-1099) mm ESPESOR 4.0 mm
(ancho real 1028 mm)**

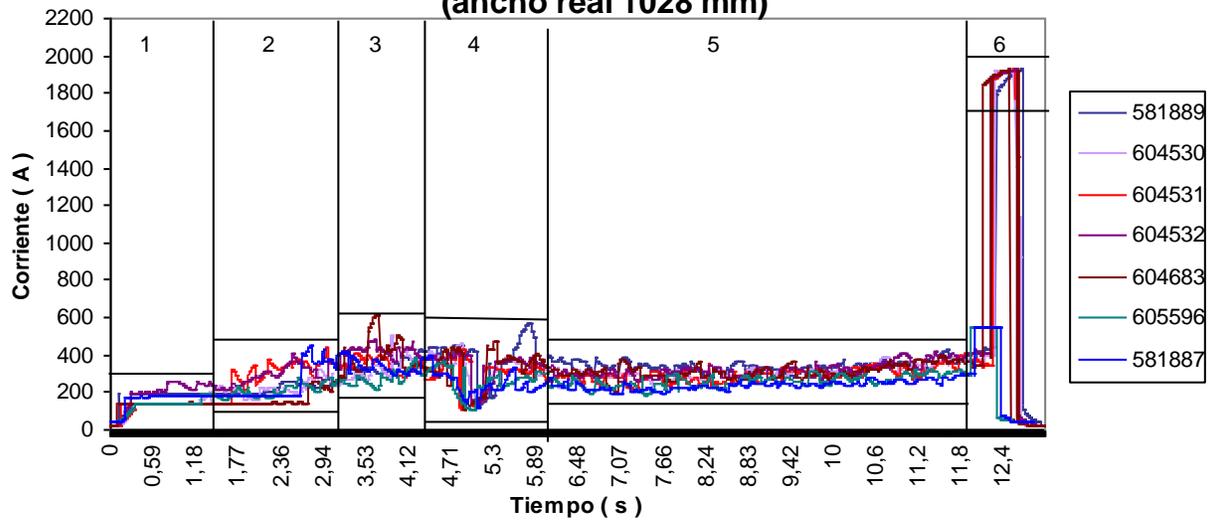


Gráfico 29. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1000-1099) mm y espesor 4.0 mm.

Tabla 24. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1000-1099) mm y espesor 4.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 1,7	287	0
2	1,71 – 3,50	500	130
3	3,51 – 4,80	675	203
4	4,81 – 6	627	92
5	6,01– 11,5	474	174
6	11,51– 12,9	2120	1742

**TACE 002 ANCHO (1200-1299) mm ESPESOR 4.0 mm
(ancho real 1209 mm)**

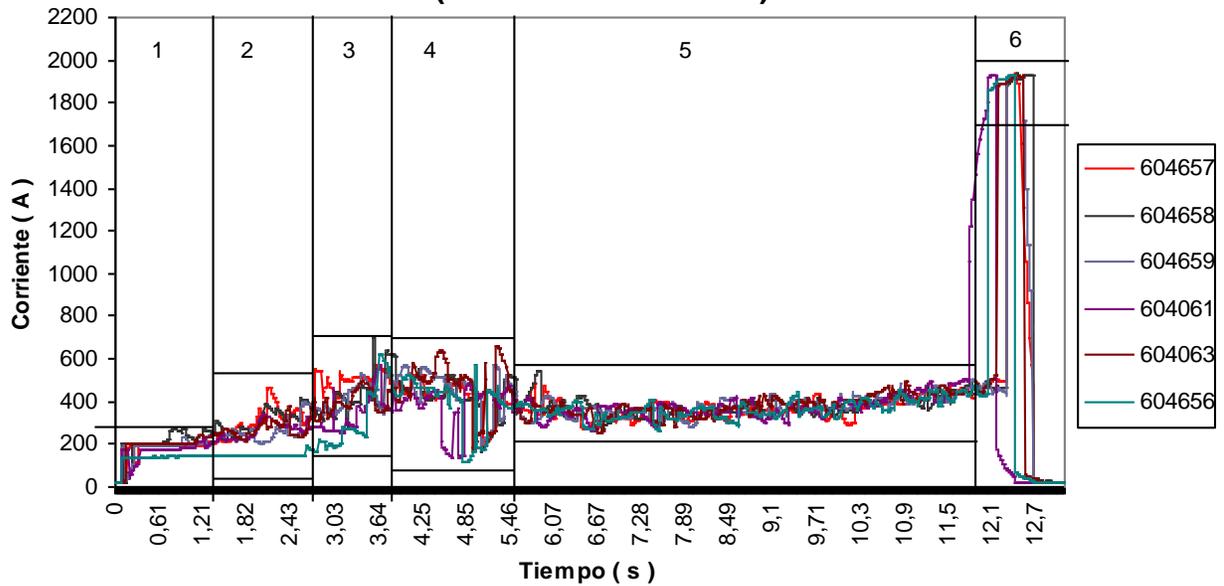


Gráfico 30. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1200-1299) mm y espesor 4.0 mm.

Tabla 25. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 002, ancho (1200-1299) mm y espesor 4.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 1,7	343	0
2	1,71 – 3,20	591	128
3	3.21 – 4,40	763	207
4	4,41 – 5,60	717	104
5	5,61 – 11,80	595	102
6	11,81– 12,9	2128	1742

**TACE 006 ANCHO (1200-1299) mm ESPESOR 2.5 mm
(ancho real 1248 mm)**

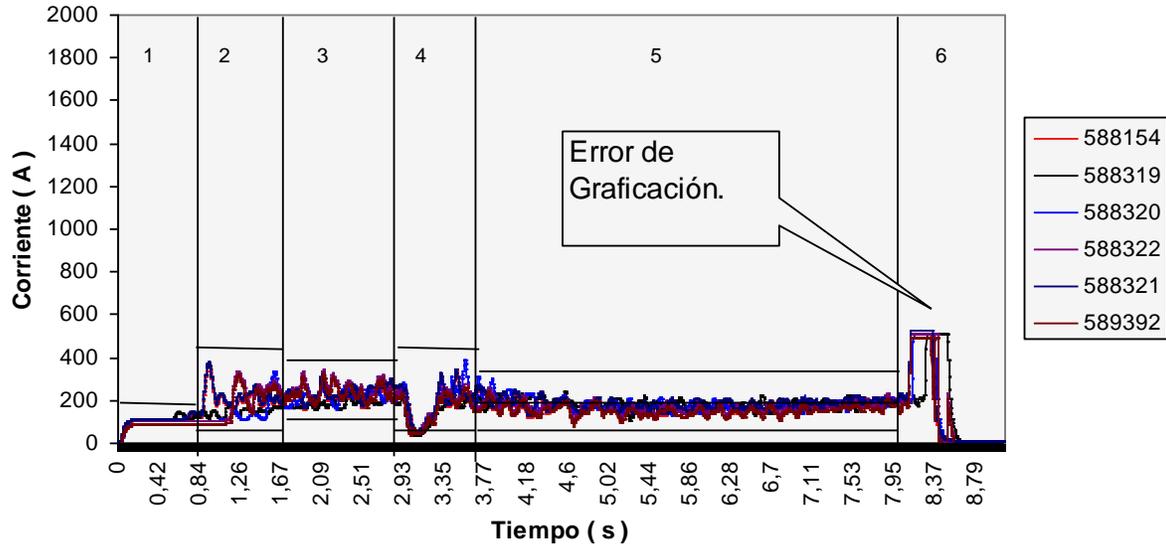


Gráfico 31. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 006, ancho (1200-1299) mm y espesor 2.5 mm.

Tabla 26. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 006, ancho (1200-1299) mm y espesor 2.5 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,8	158	0
2	0,81 – 1,65	413	78
3	1,66 – 2,8	380	147
4	2,81 – 3,70	423	37
5	3,71–7,90	323	73
6	7,91- 8,7	2000	1500

**TACE 006 ANCHO (1200-1299) mm ESPESOR 2.75 mm
(ancho real 1257 mm)**

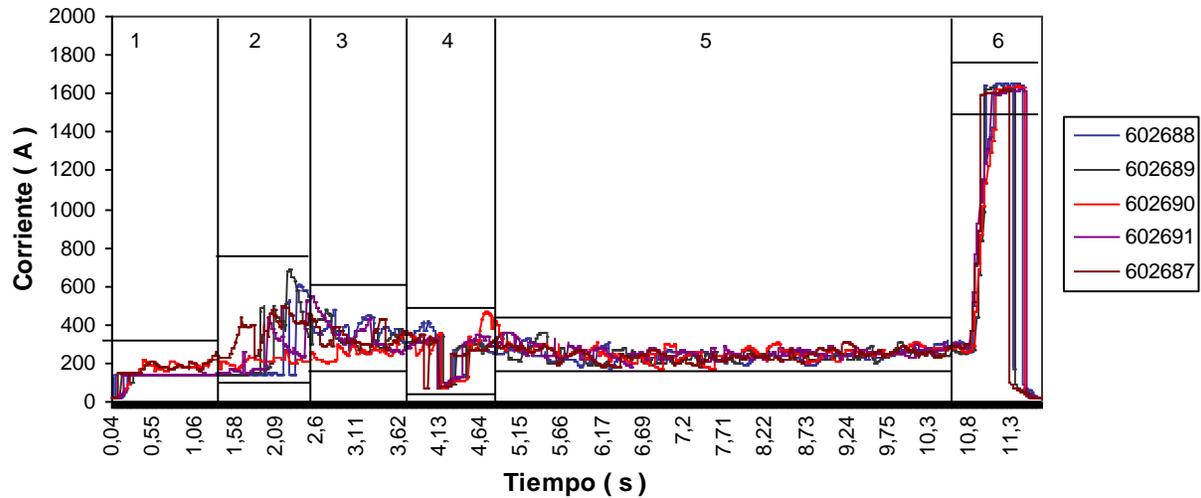


Gráfico 32 Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 006, ancho (1200-1299) mm y espesor 2.75 mm.

Tabla 27. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 006, ancho (1200-1299) mm y espesor 2.75 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 1,40	287	0
2	1,41 – 2,60	759	130
3	2,61 – 3,70	521	181
4	3,71 – 5	508	72
5	5,01– 10,7	396	149
6	10,71– 11,3	1818	1480

**TACE 006 ANCHO (1000-1099) mm ESPESOR 3.0 mm
(ancho real 1028 mm)**

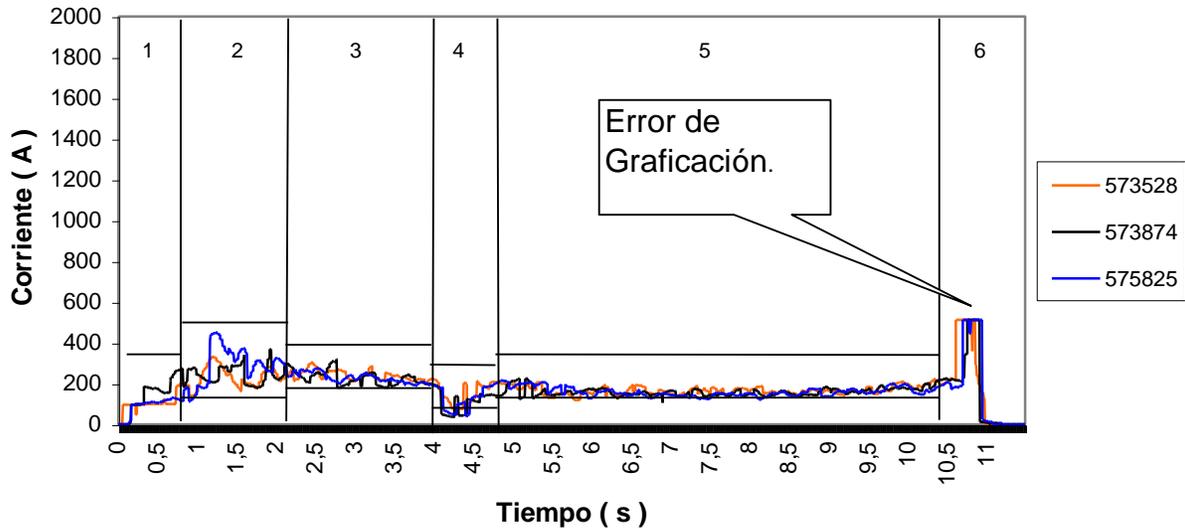


Gráfico 33. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 006, ancho (1000-1099) mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 28. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 006, ancho (1000-1099) mm y espesor 3.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,7	204	0
2	0,71 – 2,0	486	102
3	2,01 – 4	352	164
4	4,01 – 4,80	35	232
5	4,81– 10,4	246	96
6	10,71– 11,3	2000	1500

**TACE 006 ANCHO (1200-1299) mm ESPESOR 3.0 mm
(ancho real 1258 mm)**

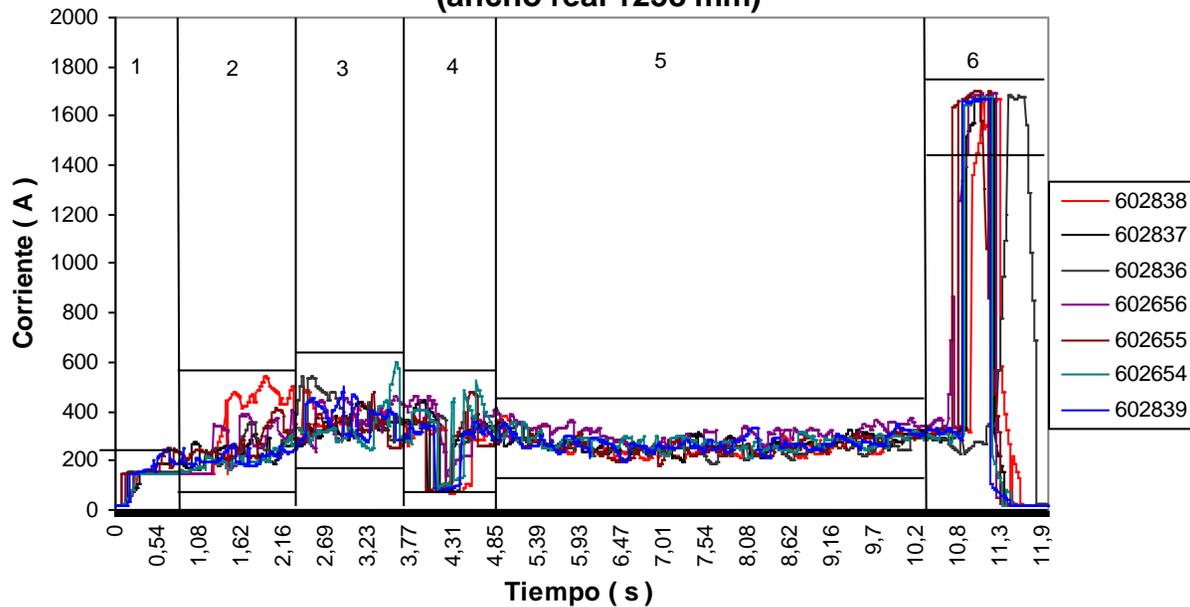


Gráfico 34. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 006, ancho (1200-1299) mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 29. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 006, ancho (1200-1299) mm y espesor 3.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,95	268	0
2	0,96 – 2,40	588	131
3	2,41 – 4	658	222
4	4,01 – 4,80	576	76
5	4,81– 10,4	431	170
6	10,71– 11,6	1840	1520

**TACE 006 ANCHO (1200-1299) mm ESPESOR 4.0 mm
(ancho real 1258 mm)**

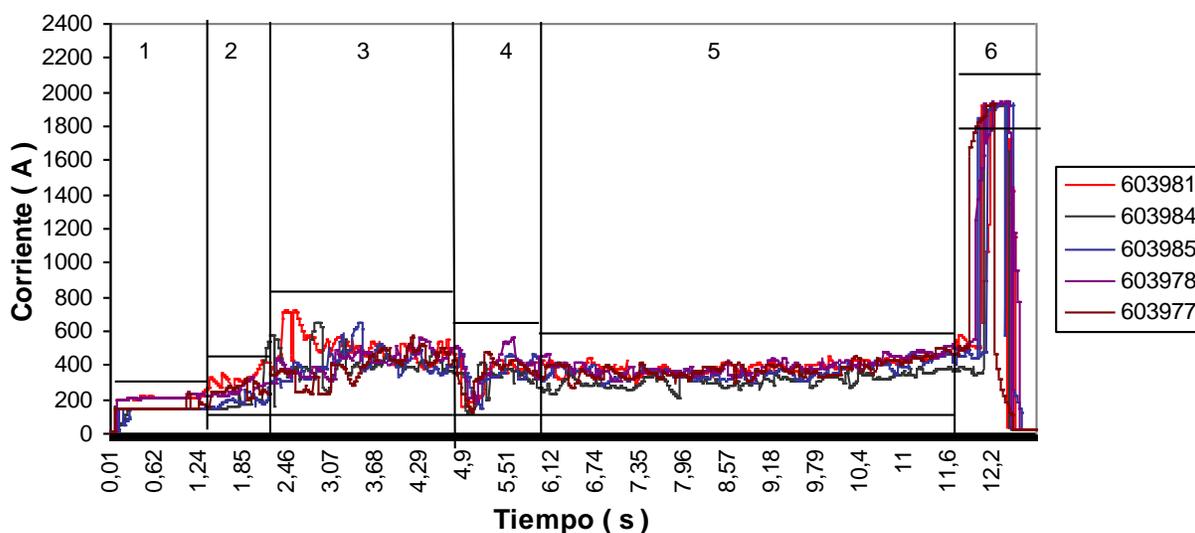


Gráfico 35. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 006, ancho (1200-1299) mm y espesor 4.0 mm.

Tabla 30. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 006, ancho (1200-1299) mm y espesor 4.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 1,30	249	0
2	1,31 – 2,10	424	136
3	2,11 – 4,80	779	148
4	4,81 – 5,70	113	605
5	5,71– 11,7	553	193
6	10,71– 12,5	2140	1760

**TACE 0328 ANCHO (1200-1249) mm ESPESOR 2.5 mm
(ancho real 1232 mm)**

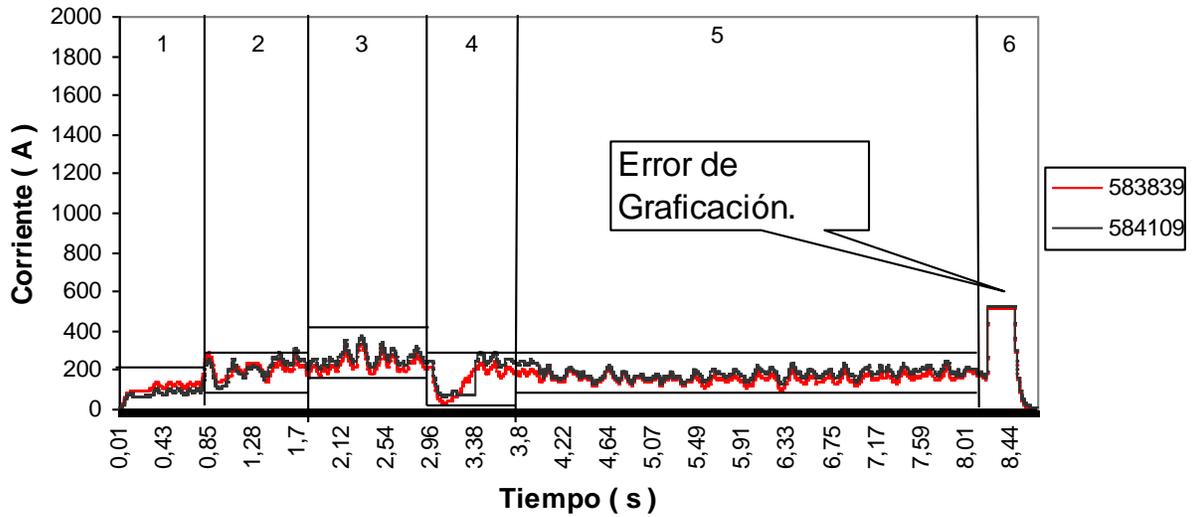


Gráfico 36. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 0328, ancho (1200-1249) mm y espesor 2.5 mm.

Tabla 31. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 0328, ancho (1200- 1249) mm y espesor 2.5 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,8	158	0
2	0,81 – 1,65	348	97
3	1,66 – 2,8.	390	170
4	2,81 – 3,70	316	32
5	3,71 – 7,90	274	90
6	7,91 - 8,7	2000	1500

**TACE 0328 ANCHO (1250-1299) mm ESPESOR 2.5 mm
(ancho real 1251 mm)**

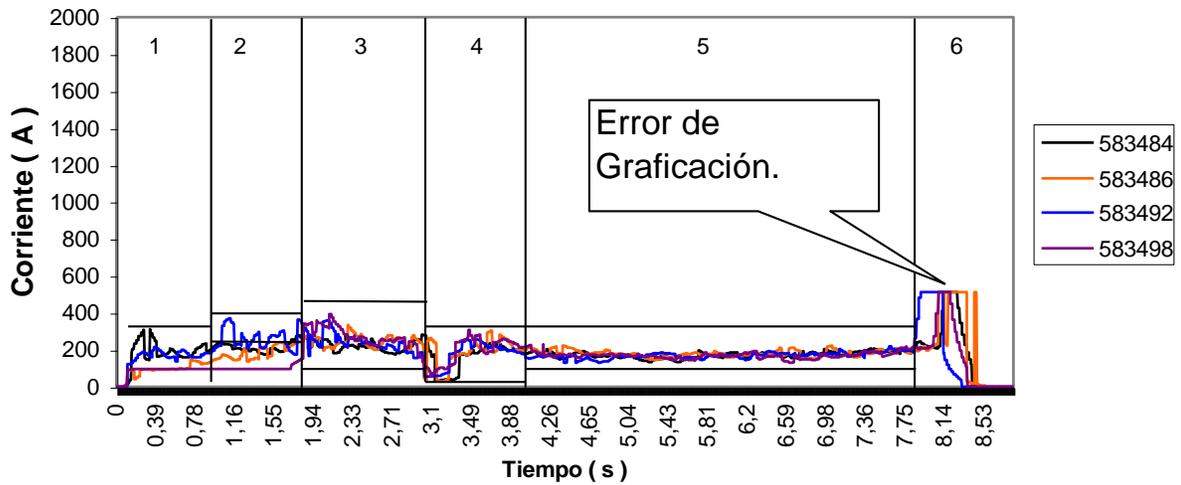


Gráfico 37. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 0328, ancho (1250-1299) mm y espesor 2.5 mm.

Tabla 32. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 0328, ancho (1250- 1299) mm y espesor 2.5 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,8	343	0
2	0,81 – 1,65	408	87
3	1,66 – 2,8	433	115
4	2,81 – 3,70	338	27
5	3,71 –7,90	270	116
6	7,91 - 8,7	2000	1500

**TACE 0328 ANCHO (1000-1099) mm ESPESOR 2.25 mm
(ancho real 1079 mm)**

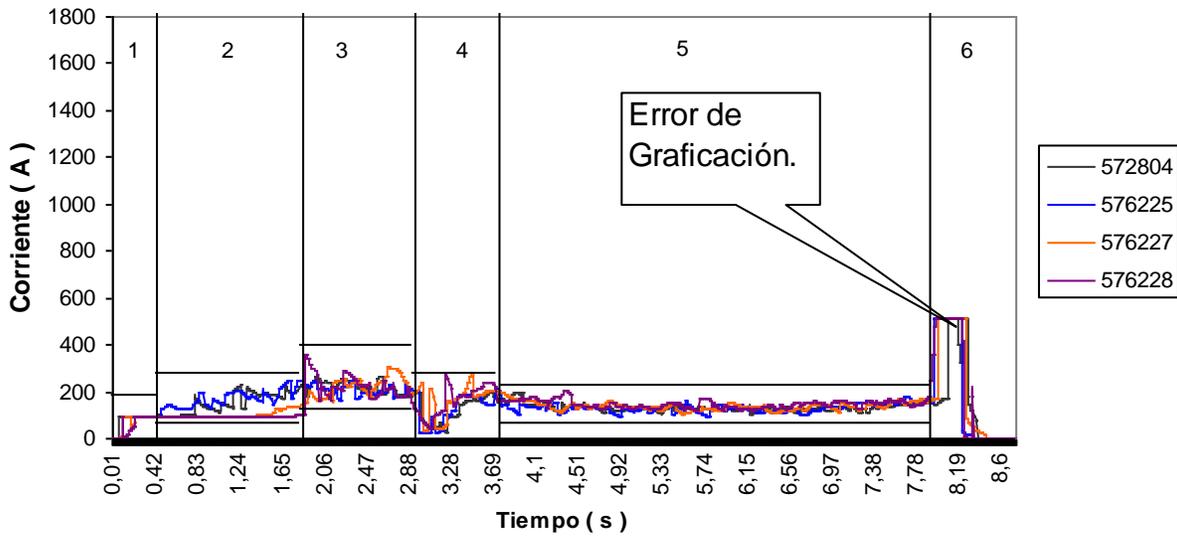


Gráfico 38. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 0328, ancho (1000-1099) mm y espesor 2.25 mm.

Tabla 33. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 0328, ancho (1000- 1099) mm y espesor 2.25 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,4	105	0
2	0,41- 1,90	270	84
3	1,91 – 2,90	368	147
4	2,91 – 3,70	314	27
5	3,71 – 7,90	220	85
6	7,91 - 8,7	2000	1500

**TACE 0328 ANCHO (1000-1099) mm ESPESOR 3.0 mm
(ancho real 1053 mm)**

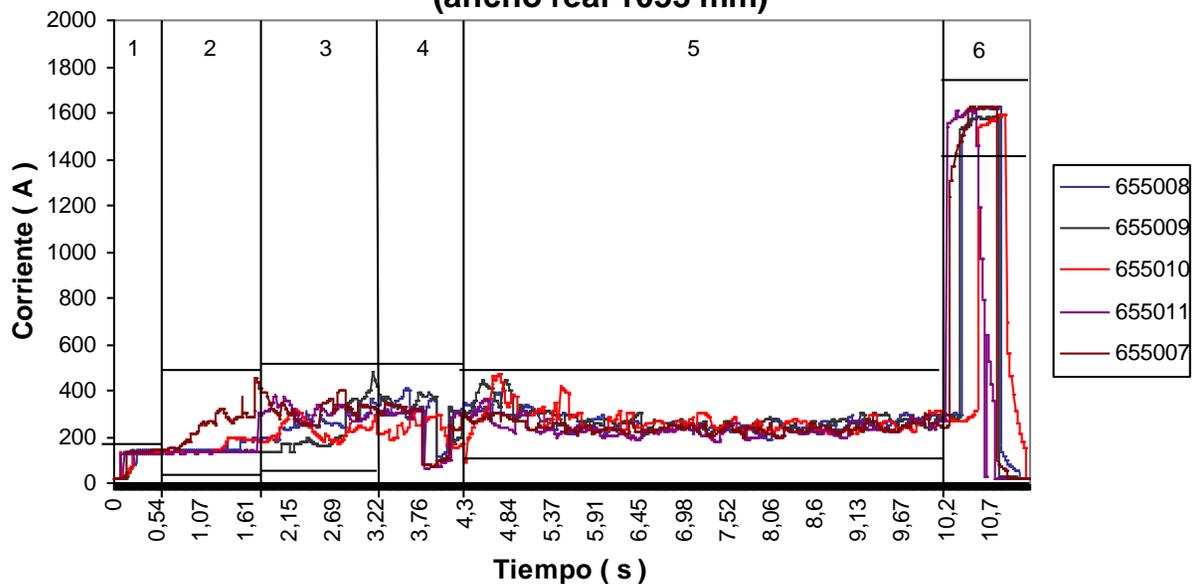


Gráfico 39. Comportamiento de la corriente para el tipo de acero 0328, ancho (1000-1099) mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 34. Límites de control de la corriente para el tipo de acero 0328, ancho (1000- 1099) mm y espesor 3.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (A)	LCI (A)
1	0 – 0,75	164	0
2	0,76 – 2,1	496	124
3	2,11 – 3,6	528	123
4	3,67 – 4,7	493	66
5	4,71– 10,1	455	160
6	10,11 – 11,3	1784	1490

5.6.3 SOLDADURAS RECHAZADAS

En el gráfica 40 se muestra como una soldadura que resultó rechazada en la prueba de embutido (Ver anexo 1) sale de los límites de control en las zonas 2, 3, 4, 5 y 6 para ese ancho, ese espesor y ese tipo de acero

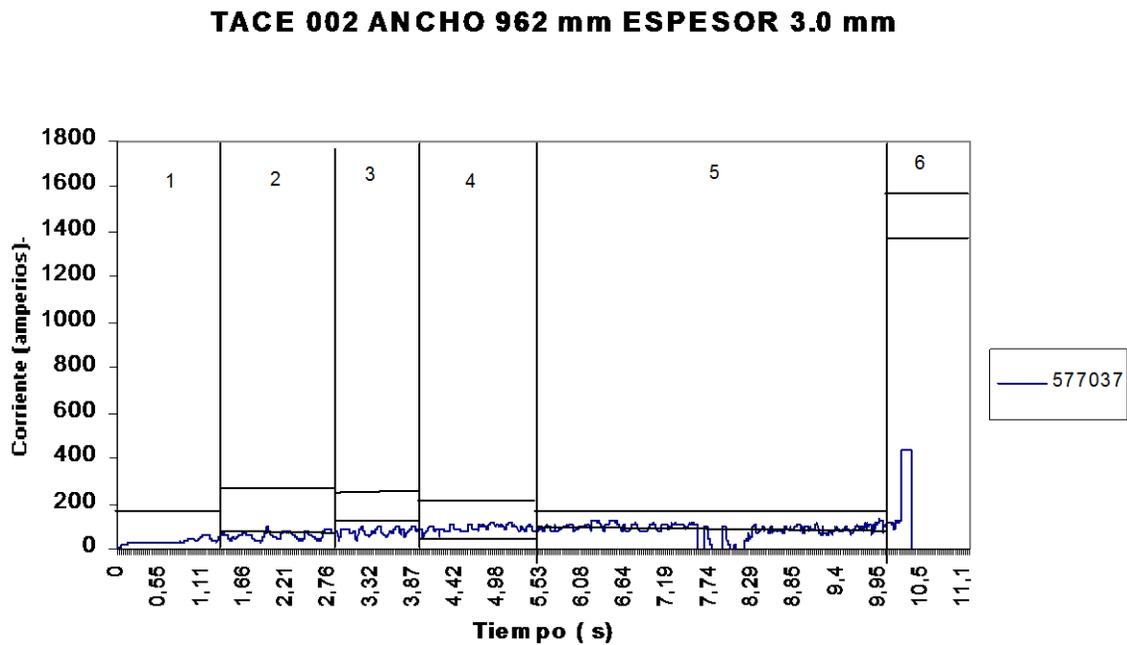


Gráfico 40. Soldadura Rechazada en la Prueba de Embutido

5.6.4 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE TENSIÓN (VOLTIOS)

Para el caso de la tensión (voltaje), debido a que su comportamiento es constante a lo largo del tiempo de la soldadura, los límites de control calculados son constantes, también se observó que el comportamiento del voltaje es similar sin importar el tipo de acero (TACE), ancho o espesor. Para demostrar esto se graficó en un histograma de frecuencia todos los valores de voltaje de las muestras que resultaron aceptadas en la prueba de embutido, dicho histograma se muestra a continuación en el Gráfico 41:

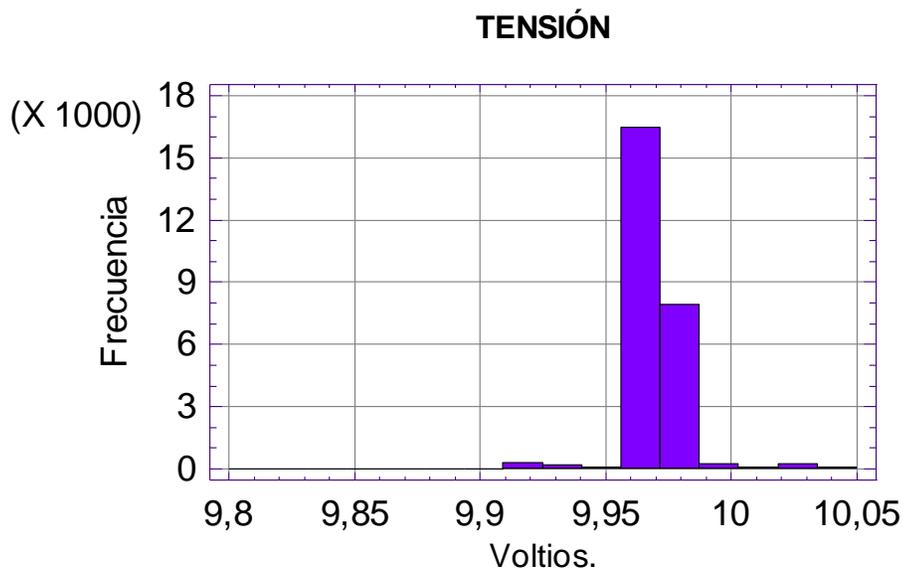


Gráfico 41. Histograma de Frecuencia de la variable Tensión

En la Tabla 35, se observa, que la desviación estándar es muy pequeña para todos los valores de la tensión tomados, por lo que se concluye que los límites de control son constantes a lo largo del tiempo y únicos para todos los tipos de aceros, todos los anchos y todos los espesores.

Tabla 35. Valores obtenidos de la variable Tensión

TENSIÓN				
Nro. De Valores	Promedio	Desviación Estándar	Valor mínimo	Valor máximo
25358	9,90	0,000127502	9,90	10,04

Para establecer los límites de control, se tomo el valor mayor de todos los valores de voltaje estudiados, y para el límite de control inferior se tomo el menor de dichos valores, de esta manera se garantiza que todos los valores de voltaje de las muestras de soldadura aceptadas, queden dentro de los límites de control.

En el Gráfico 42, se muestran los límites de control para todos loas tipos de acero, todos los anchos y todos los espesores establecidos para la variable tensión:

LÍMITES DE CONTROL DE LA TENSIÓN.

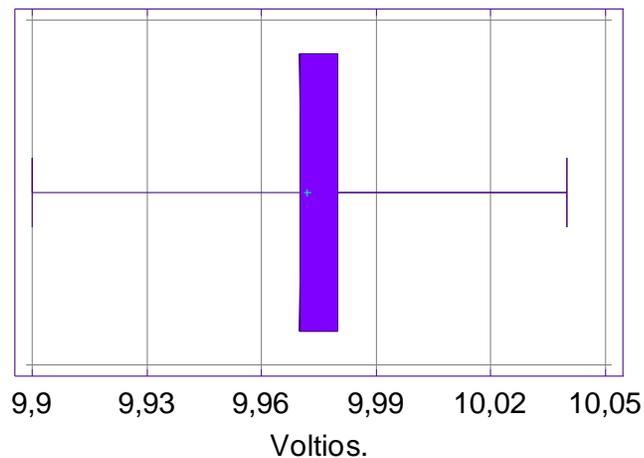


Gráfico 42. Límites de Control para la variable Tensión.

En la Gráfico 42, la barra azul quiere decir que el 95% de los valores estudiados están entre (9,97 - 9,98) voltios, y en los extremos se muestran los límites establecidos :

LCS =10,04 v

LCI = 9,9 v

5.6.5 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: POSICIÓN LADO MOTOR (mm)

Para la posición del lado motor se observó que las muestras tomadas sólo varían con respecto al espesor de la banda, sin importar el ancho y tipo de acero (TACE) de la misma. Debido a que el comportamiento de ésta variable se asemeja al de una recta con pendiente positiva a lo largo del tiempo, los límites establecidos tanto superior como inferior vienen dados por la ecuación de una recta. El gráfico se dividió en tres zonas, donde el comportamiento es más constante, para así establecer más fácilmente los límites de control. Para el límite de control superior se tomaron los dos puntos con mayor valor y se le sumó el 10% con respecto a su zona, luego con esa información se calculó la ecuación de la recta, obteniendo así el límite de control superior para esa zona. Para el límite de control inferior se tomaron los dos puntos con menor valor y se le restó el 10% con respecto a su zona, luego con esa información se calculó la ecuación de la recta, obteniendo así el límite de control inferior para esa zona.

De esta manera se garantiza que todos los valores de esta variable de las muestras aceptadas en la prueba de embutido queden dentro de los límites de control establecidos.

5.6.5.1 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: POSICIÓN LADO MOTOR (2.25-2.5) mm DE ESPESOR

En el Gráfico 43, se muestran los límites de control para la variable posición lado motor para un rango de espesores de (2.25 – 2.5) mm , cualquier tipo de acero (TACE) y cualquier ancho.

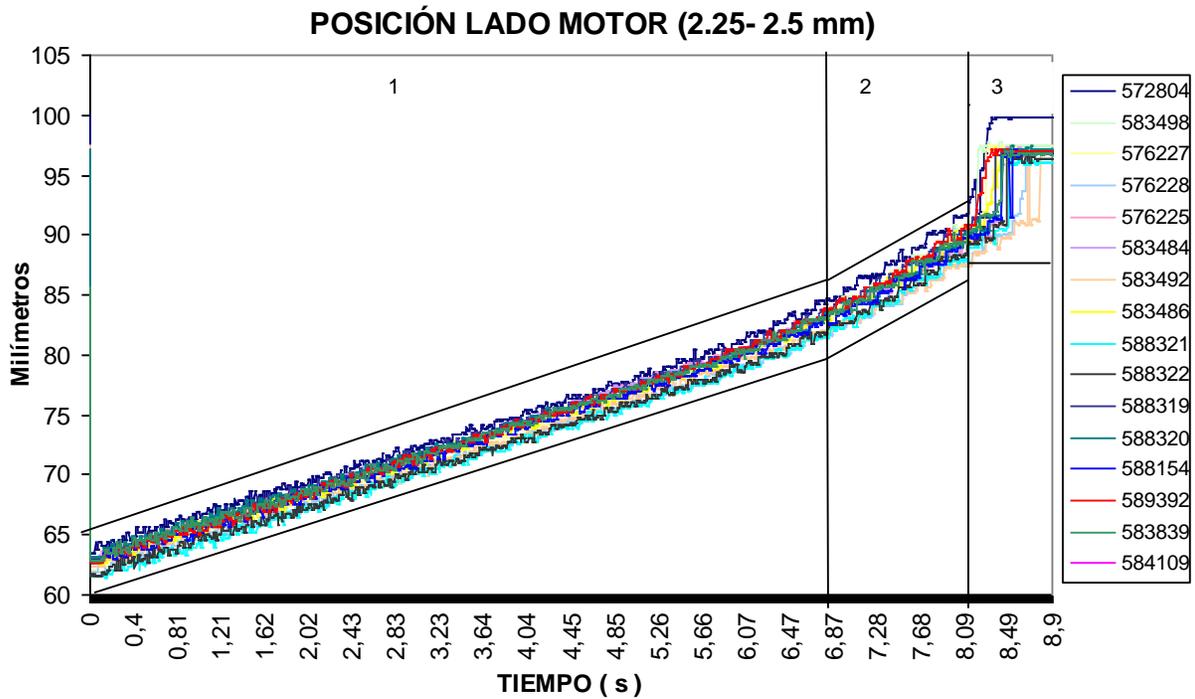


Gráfico 43. Comportamiento de la variable Posición del Lado Motor (2.25 –2.5) mm

En el Gráfico 43, se observa que los límites de control vienen dados por tres rectas de diferente pendiente según la zona a la cual pertenezcan, también se observa, que para ese rango de espesores el comportamiento es muy similar, por lo que se estableció los mismos límites de control para todos los espesores que estén dentro de ese rango.

Tabla 36. Límites de Control para la Variable Posición del Lado Motor (2.25 – 2.5) mm

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (mm.)	LCI (mm.)
1	0 - 7	$Y = 3.08 X + 65$	$Y = 3.08 X + 59.5$
2	7.1 – 8,2	$Y = 6.3 X + 43$	$Y = 5.8 X + 40$
3	8.21 – 8.9	100	87

5.6.5.2 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: POSICIÓN LADO MOTOR (2.75-3.0) mm DE ESPESOR

En el Grafico 44, muestran los límites de control para la variable posición lado motor para un rango de espesores de (2.75 – 3.0) mm , cualquier tipo de acero y cualquier ancho.

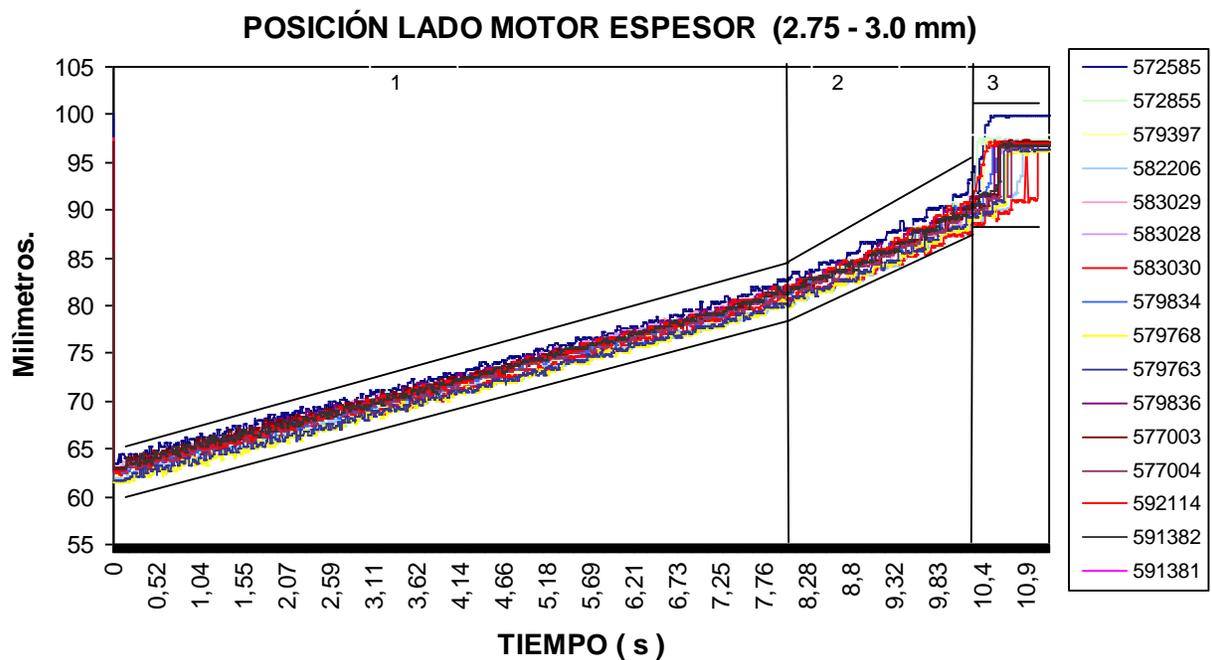


Gráfico 44. Comportamiento de la variable Posición del Lado Motor (2.75 – 3.0) mm.

En el Gráfico 44, se observa que los límites de control vienen dados por tres rectas de diferente pendiente según la zona a la cual pertenezcan, también se ve que para ese rango de espesores el comportamiento es muy similar, por lo que se estableció los mismos límites de control para todos los espesores que estén dentro de ese rango.

**Tabla 37. Límites de Control para la variable Posición del Lado Motor
(2.5 – 3.0) mm**

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (mm.)	LCI (mm.)
1	0 - 8	$Y = 2,3 X + 65$	$Y = 2,3 X + 60$
2	8,1 – 10,3	$Y = 5 X + 43$	$Y = 4,3 X + 43$
3	10,31 – 11,2	100	87

5.6.5.3 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: POSICIÓN LADO MOTOR (4.0 mm DE ESPESOR).

En el Gráfico 45, se muestran los límites de control para la variable posición lado motor para 4.0 mm de espesor, cualquier tipo de acero y cualquier ancho.

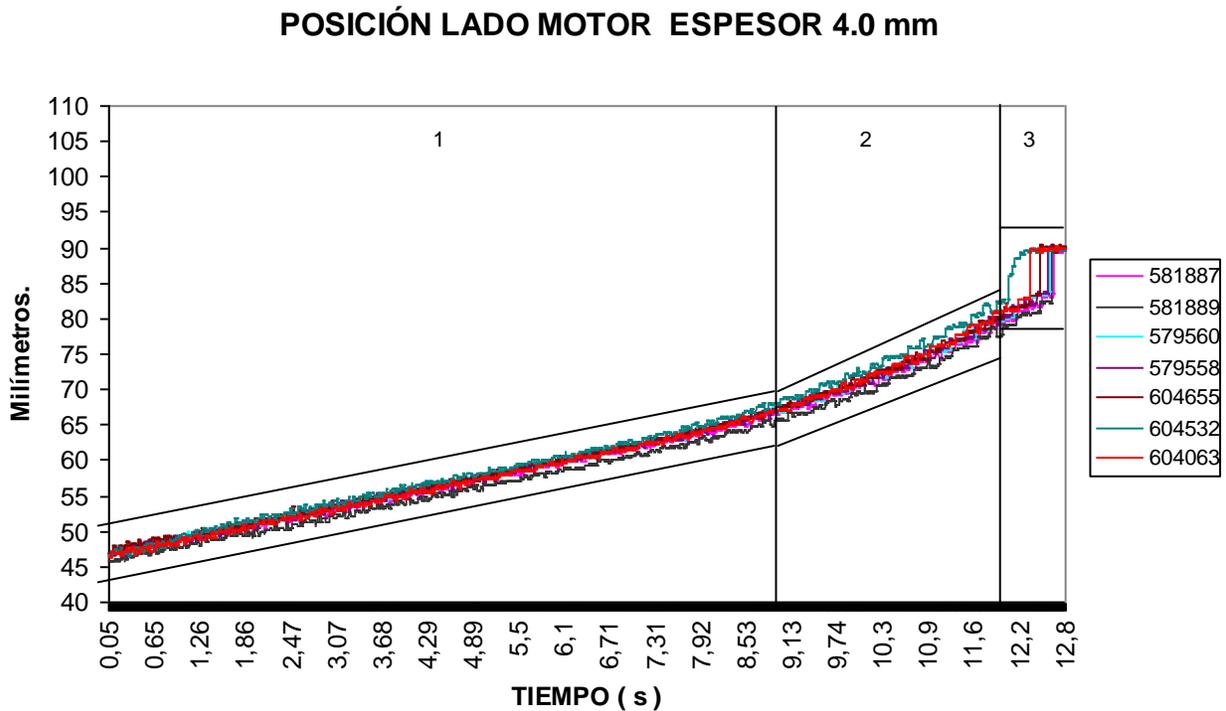


Gráfico 45. Comportamiento de la variable Posición del Lado Motor 4.0 mm.

En el Gráfico 45, se observa que los límites de control vienen dados por tres rectas de diferente pendiente según la zona a la cual pertenezcan, también se ve que para ese espesor el comportamiento es muy similar, por lo que se estableció los mismos límites de control para ese espesor .

Tabla 38. Límites de Control para la variable Posición del Lado Motor 4.0 mm

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (mm.)	LCI (mm.)
1	0 – 9	$Y = 2,5 X + 49$	$Y = 2,25 X + 44$
2	0,91 – 12	$Y = 3,9 X + 36$	$Y = 3,2 X + 36$

3	12,1 – 12,7	92	77
---	-------------	----	----

5.6.6 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: POSICIÓN LADO

OPERADOR (mm.)

Para la posición del lado operador se observó que las muestras tomadas sólo varían con respecto al espesor de la banda, sin importar el ancho y tipo de acero (TACE) de la misma. Debido a que el comportamiento de ésta variable se asemeja al de una recta con pendiente positiva a lo largo del tiempo, los límites establecidos tanto superior como inferior vienen dados por la ecuación de una recta. El gráfico se dividió en tres zonas, donde el comportamiento es más constante y así establecer más fácilmente los límites de control. Para el límite de control superior se tomaron los dos puntos con mayor valor y se le sumó el 10% con respecto a su zona, luego con esa información se calculó la ecuación de la recta, obteniendo así el límite de control superior para esa zona. Para el límite de control inferior, se tomaron los dos puntos con menor valor y se le restó el 10% con respecto a su zona, luego con esa información se calculó la ecuación de la recta obteniendo así el límite de control inferior para esa zona.

De esta manera se garantiza que todos los valores de las muestras de soldadura que resultaron aceptadas en la prueba de embutido, queden dentro de los límites de control establecidos

5.6.6.1 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: POSICIÓN LADO OPERADOR

(2.25-2.5) mm DE ESPESOR

En el Gráfico 46, se muestran los límites de control para la variable posición lado operador para un rango de espesores de (2.25 – 2.5) mm , cualquier tipo de acero y cualquier ancho.

POSICIÓN LADO OPERADOR ESPESOR (2.25-2.5 mm)

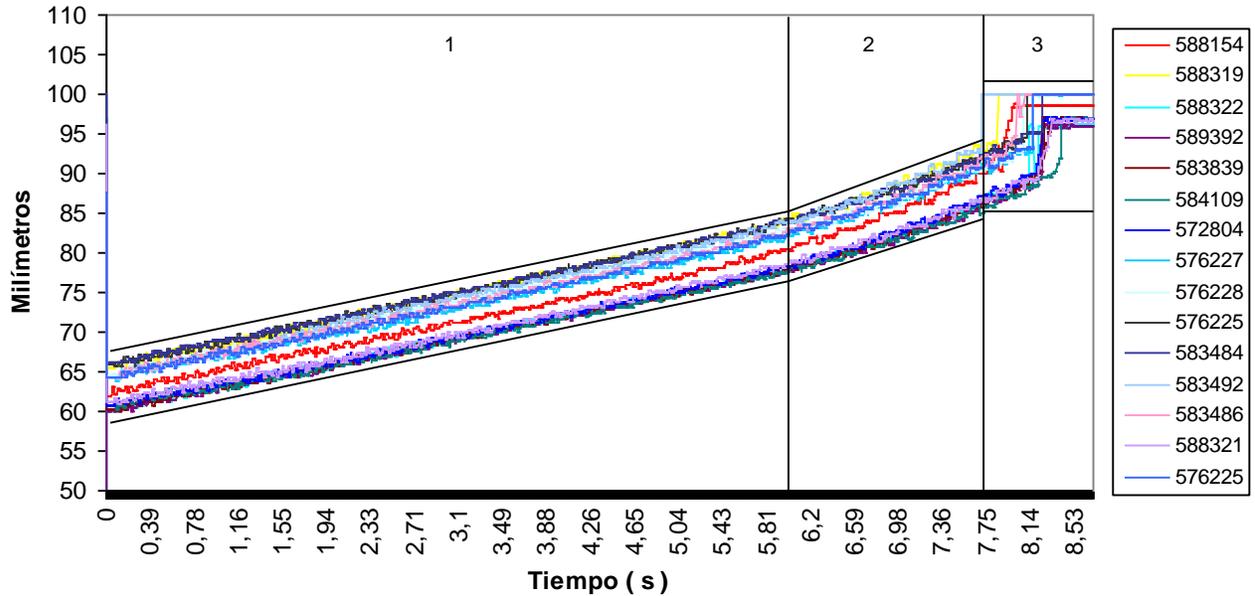


Gráfico 46. Comportamiento de la variable Posición Lado Operador (2.25 – 2.5) mm.

En el Gráfico 46, se observa que los límites de control vienen dados por tres rectas de diferente pendiente según la zona a la cual pertenezcan, también se ve que para ese rango de espesores el comportamiento es muy similar, por lo que se estableció los mismos límites de control para todos los espesores que estén dentro de ese rango.

Tabla 39. Límites de Control para la variable Posición del Lado Operador (2.25 – 2.5)mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (mm.)	LCI (mm.)
1	0 - 6	$Y = 3 X + 67$	$Y = 3 X + 59$
2	6,1 – 7.7	$Y = 5,3 X + 54$	$Y = 5,3 X + 43$
3	7,71 – 8,6	102	85

5.6.6.2 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: POSICIÓN LADO OPERADOR (2.75- 3.0) mm DE ESPESOR

En el Gráfico 47, se muestran los límites de control para la variable posición lado operador para un rango de espesores de (2.75 – 3.0) mm, cualquier tipo de acero y cualquier ancho.

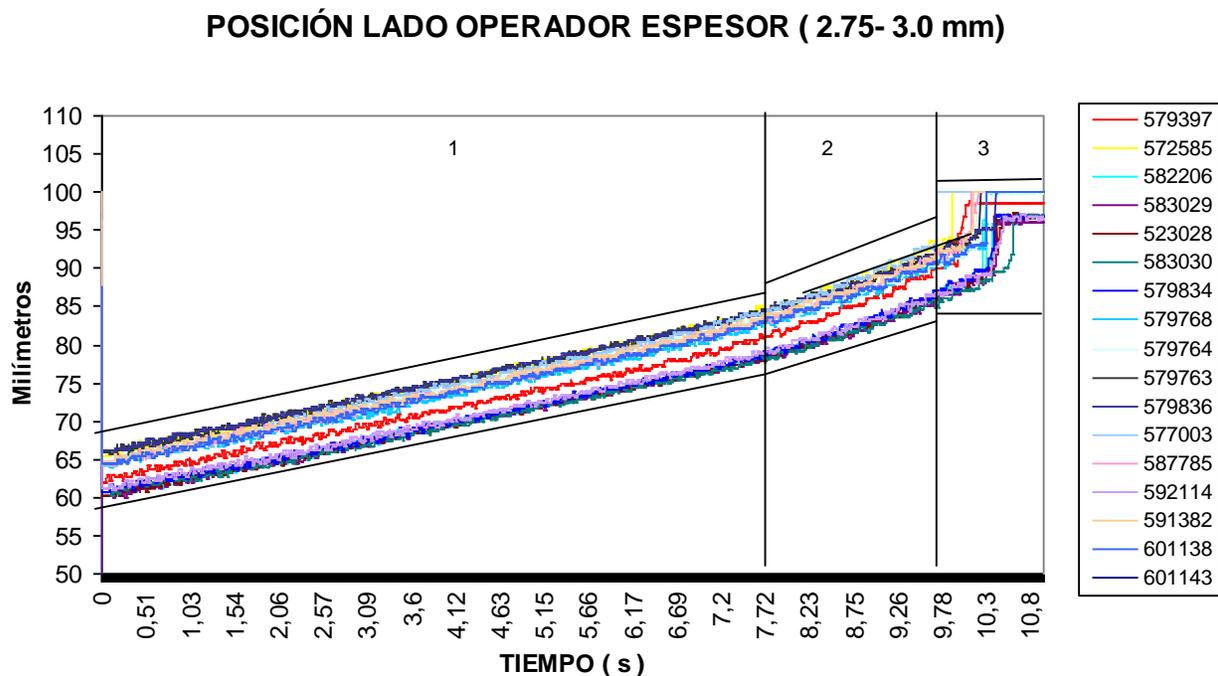


Gráfico 47. Comportamiento de la variable Posición Lado Operador (2.75– 3.0) mm.

En el Gráfico 47, se observa que los límites de control vienen dados por tres rectas de diferente pendiente según la zona a la cual pertenezcan, también se ve que para ese rango de espesores el comportamiento es muy similar, por lo que se estableció los mismos límites de control para todos los espesores que estén dentro de ese rango.

Tabla 40. Límites de Control para la variable Posición del Lado Operador (2.75– 3.0)mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (mm.)	LCI (mm.)
1	0 – 7,70	$Y = 2,4 X + 67$	$Y = 2,4 X + 59$
2	7,71 – 10	$Y = 3,2 X + 63$	$Y = 3,2 X + 53$

3	10,1 – 11	102	85
---	-----------	-----	----

5.6.6.3 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: POSICIÓN LADO OPERADOR (4.0 mm DE ESPESOR)

En el Gráfico 48, se muestran los límites de control para la variable posición lado operador para 4.0 mm de espesor, cualquier tipo de acero y cualquier ancho.

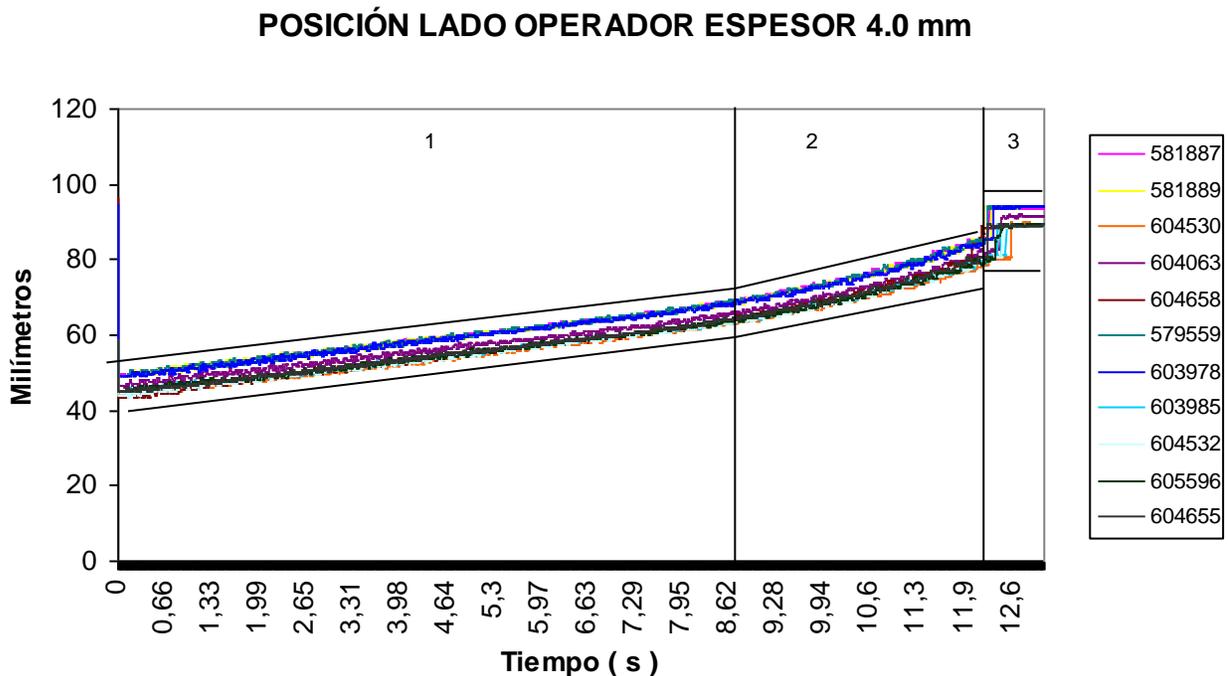


Gráfico 48. Comportamiento de la variable Posición Lado Operador 4.0 mm.

En el Gráfico 48, se observa que los límites de control vienen dados por tres rectas de diferente pendiente según la zona a la cual pertenezcan, también se ve que para ese rango de espesores el comportamiento es muy similar, por lo que se estableció los mismos límites de control para todos los espesores que estén dentro de ese rango.

Tabla 41. Límites de Control para la variable Posición del Lado Operador 4.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (mm.)	LCI (mm.)
1	0 – 8,5	$Y = 2,2 X + 51$	$Y = 4,7 X + 30$
2	8,51 – 12	$Y = 2,2 X + 42$	$Y = 4,7 X + 19$
3	12,1– 12.7	95	78

5.6.7 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: PRESIÓN DE AVANCE (BAR.)

Para la presión de avance se observó dicha variable en las muestras tomadas, sólo varían con respecto al espesor de la banda, sin importar el ancho y tipo de acero (TACE) de la misma. En el estudio de esta variable se observaron dos comportamientos bien marcados a lo largo del tiempo, por lo que el gráfico se dividió en dos zonas, donde el comportamiento es más constante y así establecer más fácilmente los límites de control. Para el límite de control superior se tomaron los dos puntos con mayor valor y se le sumó el 10% con respecto a su zona, obteniendo así el límite de control superior para esa zona. Para el límite de control inferior se tomaron los dos puntos con menor valor y se le restó el 10% con respecto a su zona, obteniendo así el límite de control inferior para esa zona.

De esta manera se garantiza que todos los valores de esta variable que salieron buenas en la prueba de embutido queden dentro de los límites de control establecidos.

5.6.7.1 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: PRESIÓN DE AVANCE (2.25-2.5) mm DE ESPESOR

En el Gráfico 49, se muestran los límites de control para la variable presión de avance para un rango de espesores de (2.25 – 2.5) mm, cualquier tipo de acero (TACE) y cualquier ancho.

PRESIÓN DE AVANCE ESPESOR (2.25- 2.5 mm)

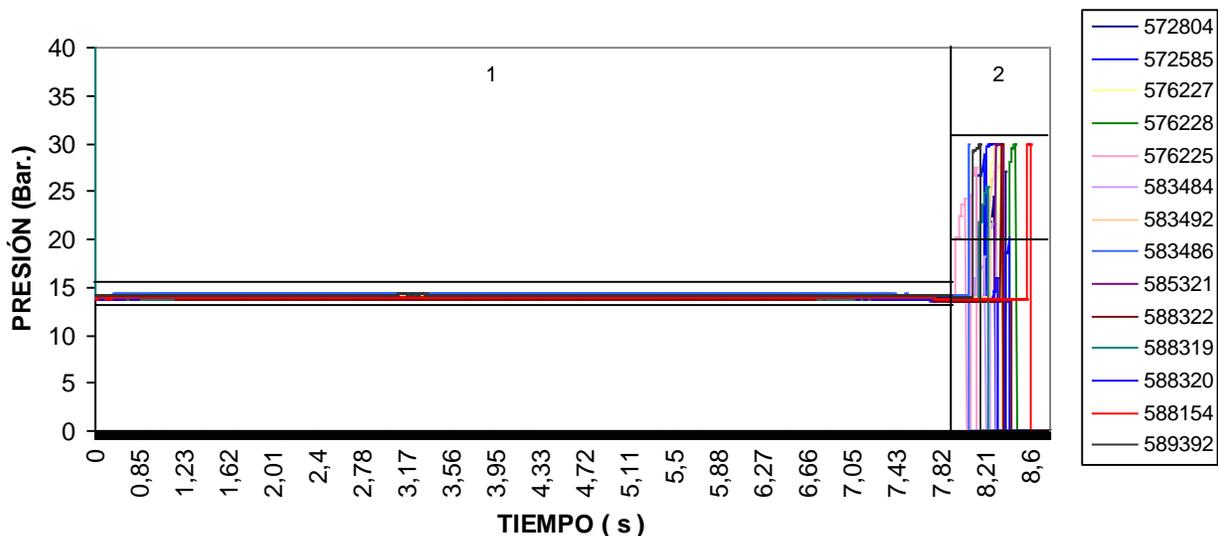


Gráfico 49. Comportamiento de la variable Presión de Avance (2.25- 2.5) mm.

En el Gráfico 49, se observa las dos zonas establecidas claramente definidas; en la zona 1 se observa un comportamiento constante a lo largo del tiempo de soldadura, y en la zona 2 un pico en la presión al finalizar la soldadura. También se ve que para ese rango de espesores el comportamiento de la presión de avance es muy similar, por lo que se estableció los mismos límites de control para todos los espesores que estén dentro de ese rango.

Tabla 42. Límites de Control para la variable Presión de Avance (2.25– 2.5)mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (Bar.)	LCI (Bar.)
1	0 – 7,9	15	13
2	7,91 – 8,6 seg.	31	20

5.6.7.2 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: PRESIÓN DE AVANCE (2.75- 3.0) mm DE ESPESOR

En el Gráfico 50 se muestran los límites de control para la variable presión de avance para un rango de espesores de (2.75 –3.0) mm , cualquier tipo de acero y cualquier ancho.

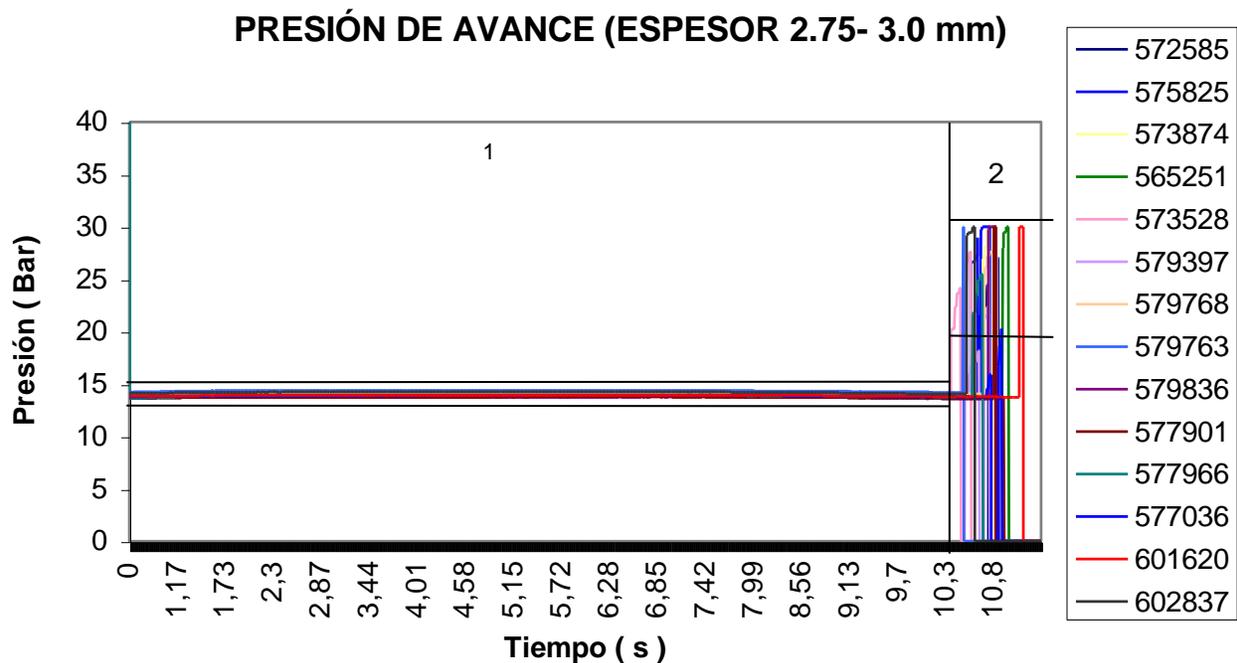


Gráfico 50. Comportamiento de la variable Presión de Avance (2.75- 3.0) mm.

En el Gráfico 50, se observa las dos zonas establecidas claramente definidas; en la zona 1 se observa un comportamiento constante a lo largo del tiempo de soldadura, y en la zona 2 un pico en la presión al finalizar la soldadura. También se ve que para ese rango de espesores el comportamiento de la presión de avance es muy similar, por lo que se estableció los mismos límites de control para todos los espesores que estén dentro de ese rango.

Tabla 43. Límites de Control para la variable Presión de Avance (2.75 – 3.0)mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (Bar.)	LCI (Bar.)
1	0 – 10,3	15	13

2	10,31 – 8,6	31	20
---	-------------	----	----

5.6.7.3 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: PRESIÓN DE AVANCE (4.0 mm DE ESPESOR)

En el Gráfico 51, se muestran los límites de control para la variable presión de avance para 4.0 mm de espesor, cualquier tipo de acero y cualquier ancho.

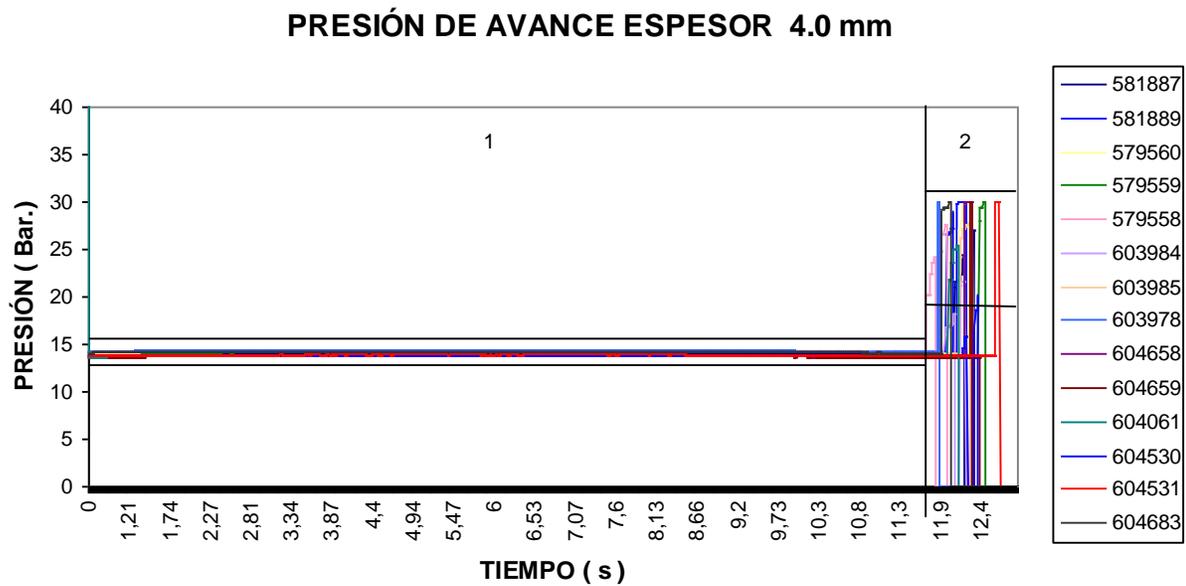


Gráfico 51. Comportamiento de la variable Presión de Avance 4.0 mm.

En el Gráfico 50, se observa las dos zonas establecidas claramente definidas; en la zona 1 se observa un comportamiento constante a lo largo del tiempo de soldadura, y en la zona 2 un pico en la presión al finalizar la soldadura. También se ve que para ese espesor el comportamiento de la presión de avance es muy similar, por lo que se estableció los mismos límites de control para ese espesor.

Tabla 44. Límites de Control para la variable Presión de Avance 4.0 mm.

ZONA	TIEMPO (s)	LCS (Bar.)	LCI (Bar.)
1	0 – 11,7	15	13
2	11,71 – 12,6	31	20

5.6.8 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE: PRESIÓN MORDAZA DE ENTRADA (BAR)

Para esta variable se observó un comportamiento uniforme a lo largo de todo el tiempo de soldadura, por lo que los límites de control que se establecieron también son constantes en el tiempo. Se observó que los valores de presión varían según el tipo de acero, ancho y espesor por lo que se establecieron límites de control para cada uno de los grupos estudiados. Para establecer los límites de control se tomó el valor mayor para el límite superior y el valor menor para el límite de control inferior. De esta manera se garantiza que todos los valores de presión de muestras que resultaron buenas en la prueba de embutido. En este caso no se tomó el factor del 10% debido a la baja variabilidad de los valores estudiados para esta variable.

A continuación se muestran los límites de control de la variable presión mordaza de entrada según el tipo de acero (TACE), ancho y espesor. En las siguientes gráficas la barra azul simboliza el rango donde se encuentran el 70% de los valores y los extremos los límites de control.

TACE 002 ANCHO(1200-1299)mm ESPESOR 2.75 mm

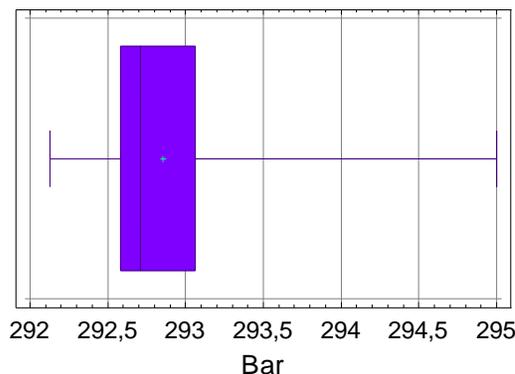


Grafico 51. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1200-1299)mm y espesor 2.75 mm.

Tabla 44. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1200-1299)mm y espesor 2.75 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
295,0	292,0

TACE 002 ANCHO (700-799) mm ESPESOR 2.75 mm

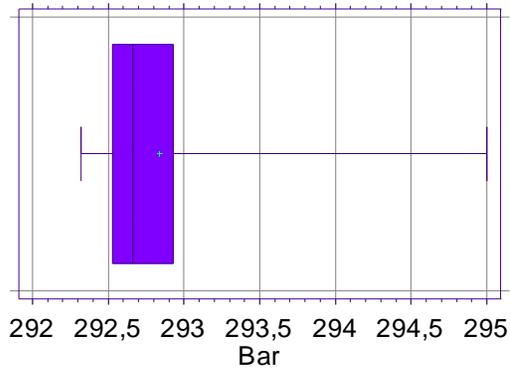


Grafico 52. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (700-799)mm y espesor 2.75 mm.

Tabla 45. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (700-799)mm y espesor 2.75 mm.

LCS (Bar)	LCI(Bar)
295,0	292,0

TACE 002 ANCHO (900-959)mm ESPESOR 2.75 mm

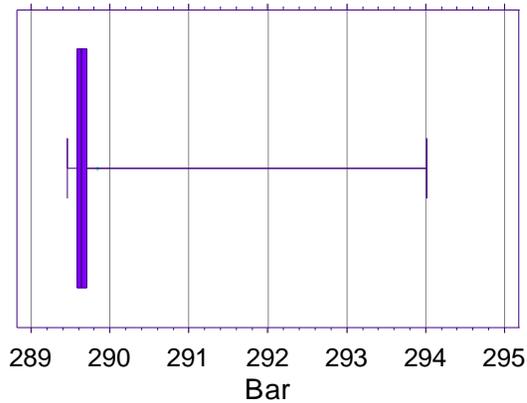


Grafico 53. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (900-959)mm y espesor 2.75 mm.

Tabla 46. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (700-799)mm y espesor 2.75 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
294,1	289,4

TACE 002 ANCHO (960-999) mm ESPESOR 2.75 mm

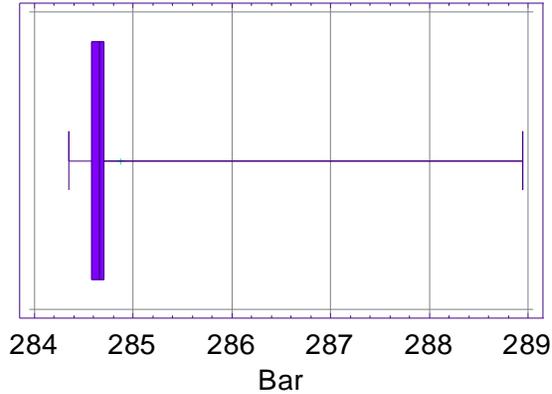


Gráfico 54. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (960-999)mm y espesor 2.75 mm.

Tabla 47. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (960-999)mm y espesor 2.75 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
289,0	284,3

TACE 002 ANCHO (1000-1099) mm ESPESOR 3.0 mm

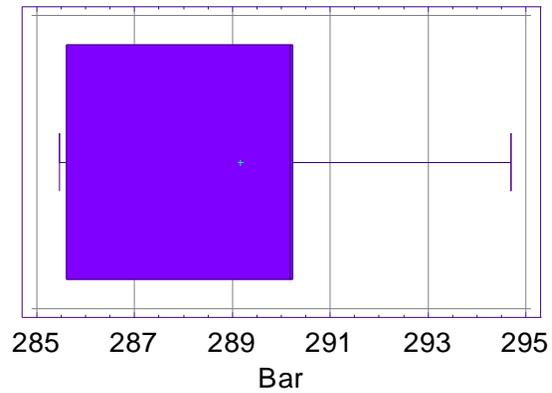


Gráfico 55. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1000-1099)mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 48. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1000-1099)mm y espesor 3.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
294,7	285,4

TACE 002 ANCHO (1200-1230) mm ESPESOR 3.0 mm

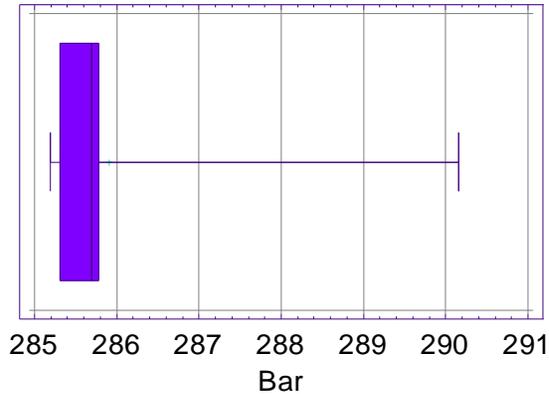


Grafico 56. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1200-1230)mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 49. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1200-1230)mm y espesor 3.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
290,5	285,0

TACE 002 ANCHO(1230-1249) mm ESPESOR 3.0 mm

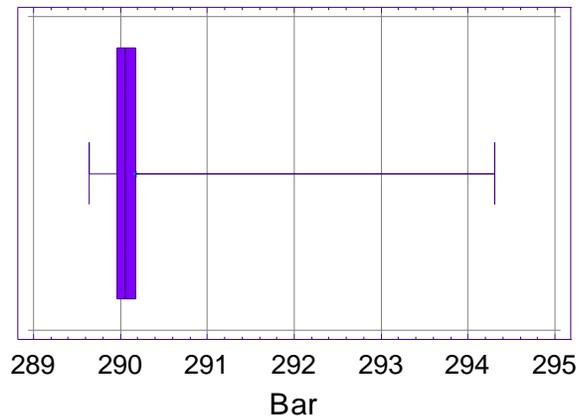


Grafico 57. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1230-1249)mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 50. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1200-1230)mm y espesor 3.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
294,5	289,5

TACE 002 ANCHO (1250-1299) mm ESPESOR 3.0 mm

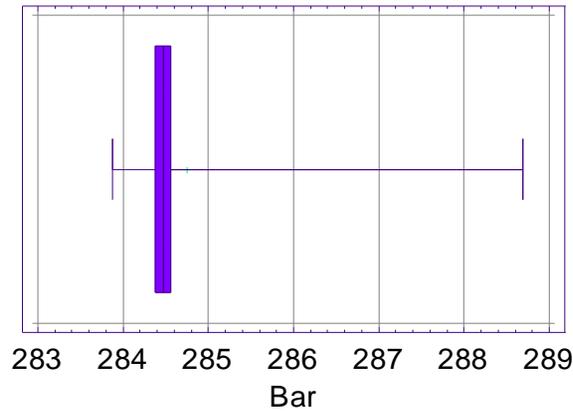


Gráfico 58. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1250-1299)mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 51. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1250-1299)mm y espesor 3.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
288,9	283,6

TACE 002 ANCHO (900-949) mm ESPESOR 3.0 mm

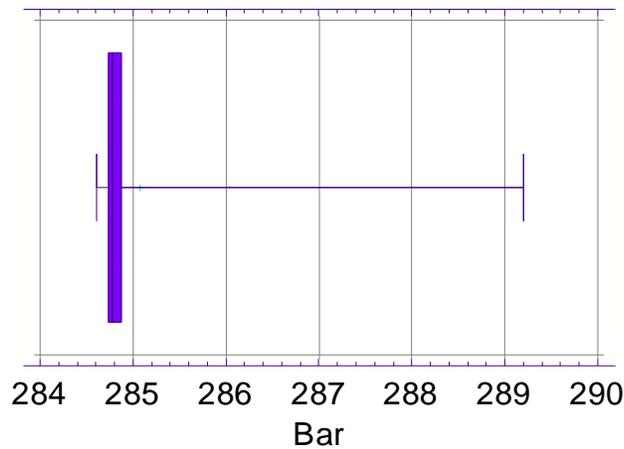


Gráfico 59. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (900-949)mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 52. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (900-949)mm y espesor 3.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
288,5	284,5

TACE 002 ANCHO (950-999)mm ESPESOR 3.0 mm

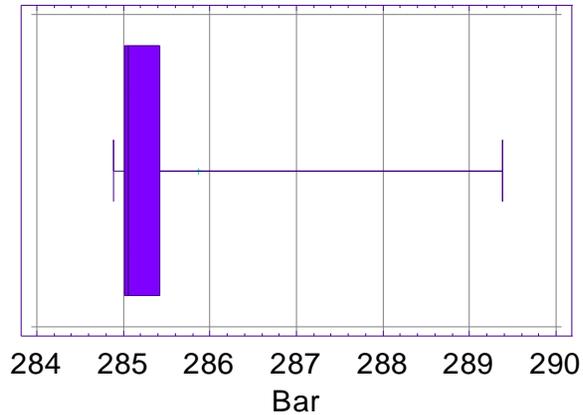


Grafico 60. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (950-999)mm y espesor 3.0 mm.

Tabla 53. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (950- 999)mm y espesor 3.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
289,5	284,6

TACE 002 ANCHO (1000-1099) ESPESOR 4.0 mm

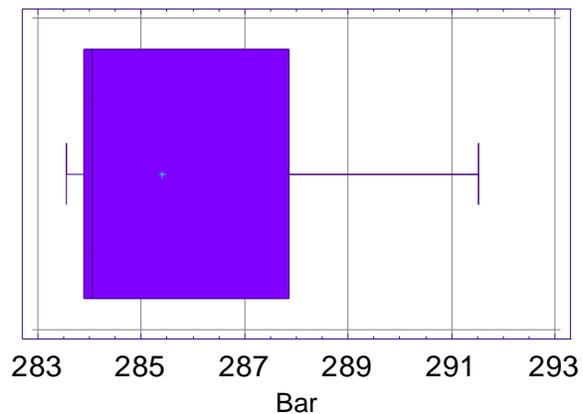


Grafico 61. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1000-1099)mm y espesor 4.0 mm.

Tabla 54. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1000- 1099)mm y espesor 4.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
291,4	283,4

TACE 002 ANCHO (1200-1250) mm ESPESOR 4.0 mm

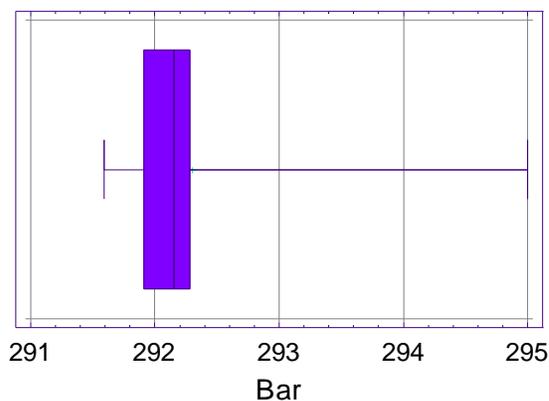


Grafico 62. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1200-1299)mm y espesor 4.0 mm.

Tabla 55. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1200- 1299)mm y espesor 4.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
295,0	291,4

TACE 002 ANCHO (800-899) mm ESPESOR 4.0 mm

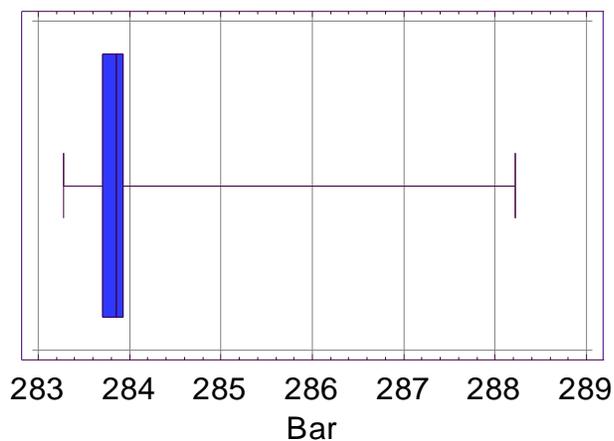


Grafico 63. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (800-899)mm y espesor 4.0 mm.

Tabla 56. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (800- 899)mm y espesor 4.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
288,4	283,2

TACE 002 (1200-1299) mm ESPESOR 2.5 mm

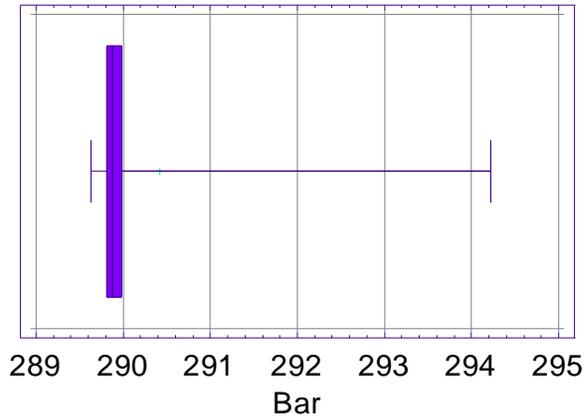


Gráfico 64. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1200-1299)mm y espesor 2.5 mm

Tabla 57. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 002, ancho (1200-1299) mm y espesor 2.5 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
294,3	289,6

TACE 006 ANCHO (1200-1299) mm ESPESOR 2.75 mm

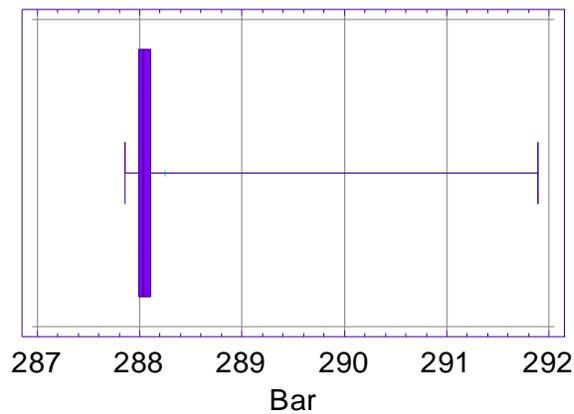


Gráfico 65. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 006, ancho (1200-1299)mm y espesor 2.75 mm

Tabla 58. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 006, ancho (1200-1299) mm y espesor 2.75 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
291,9	287,7

TACE 006 ANCHO (1000-1099) mm ESPESOR 3.0 mm

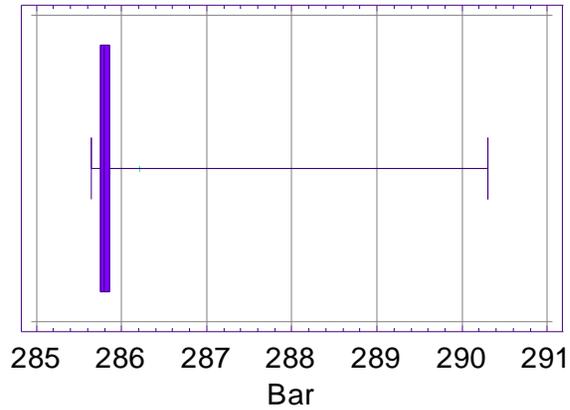


Gráfico 66. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 006, ancho (1000-1099)mm y espesor 3.0 mm

Tabla 59. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 006, ancho (1000-1099) mm y espesor 3.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
290,4	285,7

TACE 006 ANCHO (1200-1299) mm ESPESOR 3.0 mm

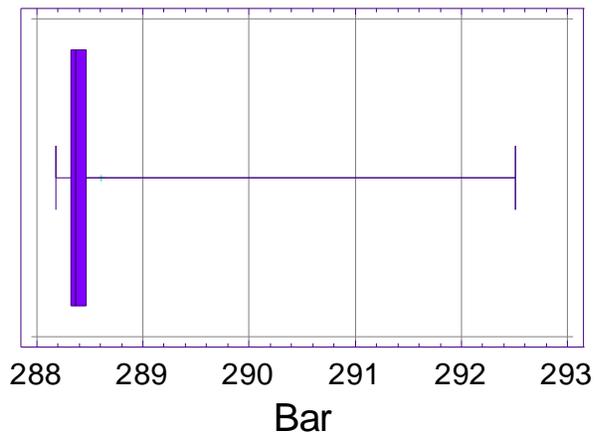


Gráfico 67. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 006, ancho (1200-1299)mm y espesor 3.0 mm

Tabla 60. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 006, ancho (1200-1299) mm y espesor 3.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
292,6	288,1

TACE 006 ANCHO (1200-1299) mm ESPESOR 4.0 mm

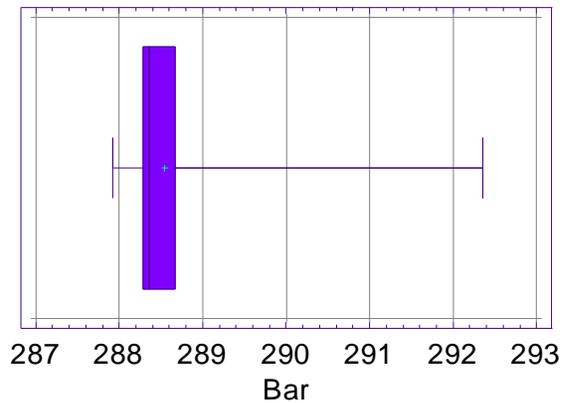


Gráfico 68. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 006, ancho (1200-1299)mm y espesor 4.0 mm

Tabla 61. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 006, ancho (1200-1299) mm y espesor 4.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
292,4	287,8

TACE 0328 (1000-1099) mm ESPESOR 2.25 mm

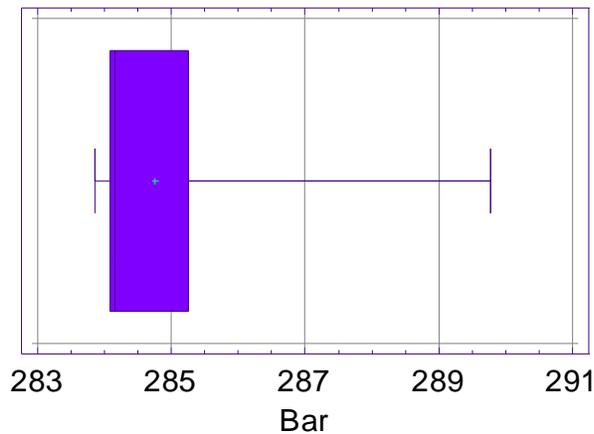


Gráfico 69. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 0328, ancho (1000-1099)mm y espesor 2.25 mm

Tabla 62. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 0328, ancho (1000-1099) mm y espesor 2.25 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
290,0	283,8

TACE 0328 ANCHO (1200-1249) mm ESPESOR 2.5 mm

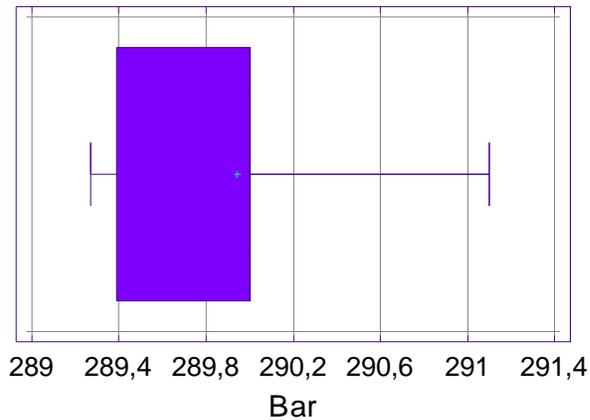


Grafico 70. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 0328, ancho (1200-1249)mm y espesor 2.5 mm

Tabla 63. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 0328, ancho (1200-1249) mm y espesor 2.5 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
291,3	289,2

TACE 0328 ANCHO (1250-1299) mm ESPESOR 2.5 mm

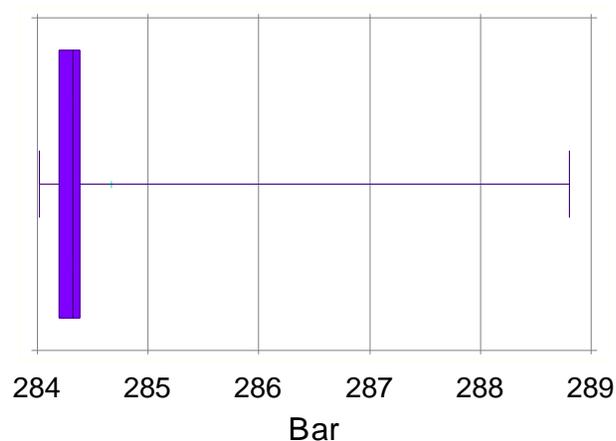


Grafico 71. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 0328, ancho (1250-1299)mm y espesor 2.5 mm

Tabla 64. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 0328, ancho (1250-1299) mm y espesor 2.5 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
288,9	284,0

TACE 0328 (1000-1099) mm ESPESOR 3.0 mm

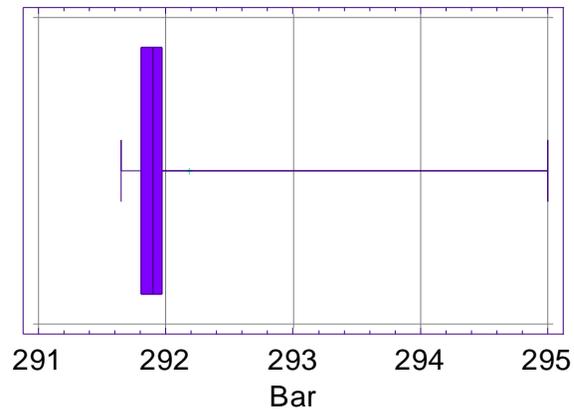


Grafico 72. Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 0328, ancho (1000-1099)mm y espesor 3.0 mm

Tabla 65. Límites de Control de la Presión Mordaza de Entrada, tipo de acero 0328, ancho (1000-1099) mm y espesor 3.0 mm.

LCS (Bar)	LCI (Bar)
295	291,6

5.6.9 LÍMITES DE CONTROL PARA LA VARIABLE : TIEMPO DE SOLDADURA (s)

Para esta variable se observó, que sólo varia con respecto al espesor, es decir no importa el tipo de acero, ni el ancho de la banda. A continuación se muestran los límites de control para la variable Tiempo de Soldadura , según el espesor de la banda :

TIEMPO DE SOLDADURA (2.25 mm - 2.5 mm)

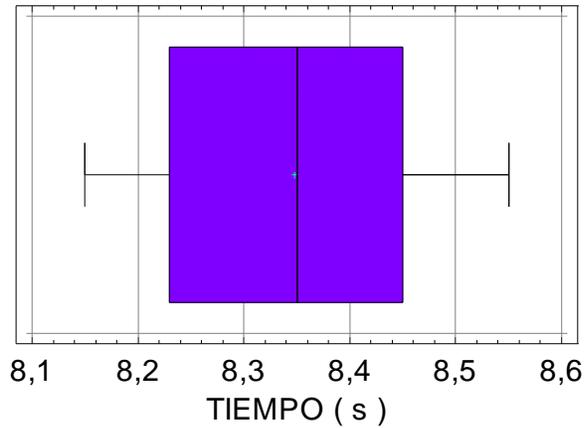


Gráfico 73. Tiempo de Soldadura espesor (2.25-2.5 mm).

Tabla 66. Límites de Control Tiempo de Soldadura espesor (2.25-2.5 mm).

LCS (s)	LCI (s)
8,15	8,65

TIEMPO DE SOLDADURA (2.75 mm - 3.0 mm)

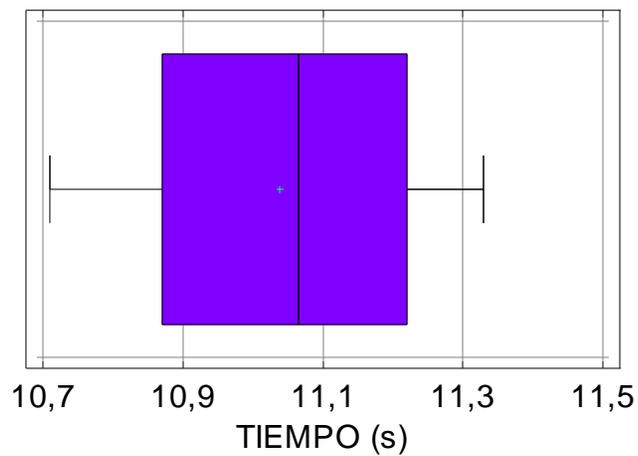


Gráfico 74. Tiempo de Soldadura espesor (2.75- 3.0 mm).

Tabla 67. Límites de Control Tiempo de Soldadura espesor (2.75- 3.0 mm).

LCS (s)	LCI (s)
10,7	11,32

TIEMPO DE SOLDADURA 4.0 mm

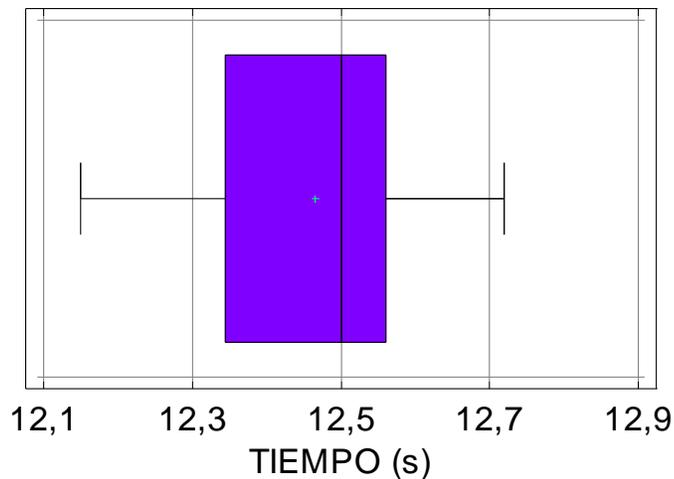


Gráfico 75. Tiempo de Soldadura espesor 4.0 mm.

Tabla 68. Límites de Control Tiempo de Soldadura espesor 4.0 mm.

LCS (s)	LCI (s)
12,15	12,73

Los resultados obtenidos en este trabajo y presentados en este capítulo, están orientados a eliminar el descarte de la sección soldada mediante el establecimiento de condiciones necesarias para el cordón de soldadura sea aceptada por el cliente interno. Estas condiciones mínimas necesarias abarcan :

- 1- La resistencia mínima de la soldadura, mediante el establecimiento de límites de control de las variables de la soldadura que pongan en evidencia que soldadura cumple con las exigencias y cual no, y así darle al cliente interno una soldadura aceptable.
- 2- El cepillado óptimo de la soldadura, mediante la elaboración de especificaciones que establezcan las condiciones mínimas necesarias de un cepillado limpio, y así el cliente interno acepte el cordón de soldadura como parte de la bobina.

3- La Cuadratura ortogonal de las bandas soldadas, mediante la elaboración de especificaciones que establezcan las condiciones mínimas necesarias de cuadratura ortogonal, y así el cliente interno acepte el cordón de soldadura como parte de la bobina.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, se pudieron concluir los siguientes aspectos:

1. La caída tecnológica en Decapado se ve afectada por los descartes que se realizan al material, en el que se encuentra el de la sección soldada, el cual le resta rendimiento a ambos decapados en cuanto a su producción (tonelaje/hora).
2. Los encalles producidos por soldadura descuadrada representan el 10% del total de estos, en la línea de Decapado I (enero-noviembre 2003), lo que trae como consecuencia demoras en el tiempo de operación impactando negativamente en la productividad. Además un cordón de soldadura descuadrado, no sería aceptado por el cliente interno (Tandem).
3. Las causas principales de soldadura descuadrada están asociadas al mal uso o no utilización de equipos instalados en las líneas para evitar este problema. Estos equipos son: la cizalla III, los centradores de canto, la espada calibradora y las mordazas de sujeción.
4. La inspección visual y la limpieza de los equipos son críticas porque influyen en la cuadratura de las bandas en la soldadura, así como en el buen funcionamiento de los equipos y calidad del producto (bobinas decapadas).
5. Actualmente, el acabado del cepillado de cordón de soldadura no cumple con las exigencias necesarias, para ser aceptado por el cliente interno como parte de la bobina, pues éste debe tener un acabado limpio (sin escoria) y su espesor debe ser menor al de las bandas soldadas.
6. El descarte de la sección soldada es una micro-operación y sobre su duración no incide el tipo de material, el ancho ni el espesor de la sección, por lo que se establece un tiempo único.

7. El tiempo promedio de despunte obtenido tomando en cuenta las 4 cuadrillas en Decapado I es: 12,285 segundos/descarte.
8. La longitud del descarte de soldadura no se ve afectada por el tipo de material, el ancho ni el espesor de la banda, por lo que se estableció una longitud promedio de: 21,790 cm/descarte
9. El peso del descarte obtenido por bobina en Decapado I es 6,14 kg/descarte y en Decapado II es: 3,45 kg/descarte.
10. El peso de la caja de chatarra obtenido en Decapado I es : 1178,9 kg/caja y en Decapado II es: 662,4 kg/caja.
11. El tiempo en que tarda la grúa en desalojar la caja de chatarra es el mismo para ambos Decapados, y el promedio obtenido de duración es : 12,257 min/caja.
12. El 91% de las soldaduras efectuadas resultaron aceptadas en la prueba de embutido, por lo que se concluye que la cantidad de soldaduras rechazadas es un número relativamente bajo.
13. La corriente es la variable más crítica de la soldadura, debido a su gran variación en su comportamiento a lo largo del tiempo, provocando que sea la que principalmente cause soldaduras deficientes. El comportamiento de esta variable es diferente para cada tipo de acero, ancho y espesor.
14. La tensión es la variable más homogénea en cuanto a su comportamiento a lo largo del tiempo, por que en ninguna de las muestras tomadas los valores presentaron variaciones. Su comportamiento es el mismo para todos los tipos de acero, ancho y espesor.

15. La posición del lado motor varía sólo con respecto al espesor de la banda, es decir se comporta de la misma manera para todos los tipos de acero y todos los anchos.
16. La posición del lado operador varía solo con respecto al espesor de la banda, es decir se comporta de la misma manera para todos los tipos de acero y todos los anchos.
17. La presión de avance varía solo con respecto al espesor de la banda, es decir se comporta de la misma manera para todos los tipos de acero y todos los anchos.
18. La presión en la mordaza de entrada tiene un comportamiento constante a lo largo del tiempo, pero es diferente para cada tipo de acero ancho y espesor.

RECOMENDACIONES

1. Motivar a los supervisores para que varias veces al día realicen rondas de chequeo para verificar que cada operador se encuentre en su puesto de trabajo, debido a que la inspección visual y el compromiso del operador con su trabajo, es lo más importante para cumplir con los objetivos planteados.
2. Realizar una prueba a los límites de control establecidos, para así comprobar su confiabilidad y hacerles los ajustes correspondientes.
3. Determinar los límites de control de las tres variables que no se estudiaron por fallas del equipo que gráfica dichas variables. Que son: presión de recalque, presión de mordaza de salida y longitud del recalque..
4. Redefinir el sistema de cepillado, mediante la aplicación de los informes técnicos hechos por SIDERAR en sus visitas a la planta y así lograr un acabado de soldadura óptimo, de acuerdo con las exigencias del cliente interno.
5. Mejorar la iluminación en el área de la soldadora para optimizar el rendimiento de los operarios.
6. Verificar que las guías de la cizalla III funcionen con todos los anchos que se procesan en las líneas, ya que se observó que en Decapado I dichas guías no funcionan para anchos menores de 800 mm, provocando soldadura descuadrada.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ARISTIZABAL, GUILLERMO.** Manual de entrenamiento de Máquina Soldadora Meibach de Decapado. SIDOR 1981-1982
2. **MEYER, WALPOLE.** Probabilidad y Estadística. Mc Graw Hill. Cuarta Edición. México.
3. **MAYNARD.** Manual de Ingeniería de la Producción Industrial. Editorial Reverté, S.A. España. 1975
4. **NIEBEL, BENJAMÍN.** Ingeniería Industrial. Métodos, Tiempos y Movimientos. Editoria Alfa Omega. S.A. Tercera Edición. México. 1990.
5. **ROJAS DE N. ROSA.** Orientaciones Prácticas para la elaboración de Informes de Investigación. Ediciones UNEXPO. Segunda Edición. Puerto Ordaz. Venezuela. 1997.
6. www.sidor.net

ANEXOS

Anexo 1 : Pruebas de embutido

Nro. de Bobina	Programa	Tace	Espesor (mm)	Ancho (mm)	L.O	Centro	L.M.	Fecha	Cuadrilla
570961	726	0002	4.000	1204	MALA	MALA	MALA	10/11/03	C
572804	731	0328	2.250	1079	BUENA	BUENA	BUENA	12/11/03	B
572585	730	0002	2.750	1004	BUENA	BUENA	BUENA	13/11/03	B
575825	730	0006	3.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	13/11/03	B
573874	730	0006	3.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	13/11/03	B
565251	730	0002	3.000	1028	MALA	BUENA	BUENA	13/11/03	B
573528	730	0006	3.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	13/11/03	B
576314	734	0006	4.000	1248	MALA	BUENA	BUENA	14/11/03	B
576307	734	0006	4.000	1248	MALA	BUENA	BUENA	14/11/03	B
578811	741	0002	3.000	1228	BUENA	BUENA	BUENA	18/11/03	D
571570	741	0002	3.000	1228	BUENA	BUENA	BUENA	18/11/03	D
579397	741	0002	2.750	1219	BUENA	BUENA	BUENA	18/11/03	D
579395	741	0002	2.750	1219	MALA	BUENA	BUENA	18/11/03	D
582206	756	0002	3.000	1255	BUENA	BUENA	BUENA	24/11/03	C
583029	756	0002	3.000	1255	BUENA	BUENA	BUENA	24/11/03	C
583028	756	0002	3.000	1255	BUENA	BUENA	BUENA	24/11/03	C
583030	756	0002	3.000	1255	BUENA	BUENA	BUENA	24/11/03	C
583498	759	0328	2.500	1251	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	B
576227	759	0328	2.250	1079	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	B
576228	759	0328	2.250	1079	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	B
576225	759	0328	2.250	1079	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	B
583485	759	0328	2.500	1251	MALA	BUENA	BUENA	25/11/03	B
583484	759	0328	2.500	1251	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	B
583492	759	0328	2.500	1251	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	B
583486	759	0328	2.500	1251	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	B
581887	755	0002	4.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	D
581889	755	0002	4.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	D
579560	755	0002	4.000	846	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	D
579559	755	0002	4.000	846	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	D
579558	755	0002	4.000	846	BUENA	BUENA	BUENA	25/11/03	D
579834	757	0002	3.000	940	BUENA	BUENA	BUENA	26/11/03	C
579768	757	0002	3.000	940	BUENA	BUENA	BUENA	26/11/03	C
579764	757	0002	3.000	940	BUENA	BUENA	BUENA	26/11/03	C
579763	757	0002	3.000	940	BUENA	BUENA	BUENA	26/11/03	C
579835	757	0002	3.000	940	BUENA	BUENA	BUENA	26/11/03	C
579836	757	0002	3.000	940	BUENA	BUENA	BUENA	26/11/03	C
577936	761	0002	2.750	973	BUENA	BUENA	BUENA	27/11/03	C
578064	761	0002	2.750	973	BUENA	BUENA	BUENA	27/11/03	C
578066	761	0002	2.750	973	BUENA	BUENA	BUENA	27/11/03	C
577900	761	0002	2.750	973	BUENA	BUENA	BUENA	27/11/03	C
577901	761	0002	2.750	973	BUENA	BUENA	BUENA	27/11/03	C
577966	761	0002	2.750	973	BUENA	BUENA	BUENA	27/11/03	C
577002	761	0002	3.000	962	BUENA	BUENA	BUENA	27/11/03	C
577003	761	0002	3.000	962	BUENA	BUENA	BUENA	27/11/03	C
577004	761	0002	3.000	962	BUENA	BUENA	BUENA	27/11/03	C
577036	761	0002	3.000	962	BUENA	BUENA	BUENA	27/11/03	C

577037	761	0002	3.000	962	MALA	BUENA	BUENA	27/11/03	C
588321	781	0006	2.500	1248	BUENA	BUENA	BUENA	08/12/03	C
588322	781	0006	2.500	1248	BUENA	BUENA	BUENA	08/12/03	C
588319	781	0006	2.500	1248	BUENA	BUENA	BUENA	08/12/03	C
588320	781	0006	2.500	1248	BUENA	BUENA	BUENA	08/12/03	C
588154	781	0006	2.500	1248	BUENA	BUENA	BUENA	08/12/03	C
589392	781	0006	2.500	1248	BUENA	BUENA	BUENA	08/12/03	C
583839	781	0328	2.500	1232	BUENA	BUENA	BUENA	08/12/03	B
584109	781	0328	2.500	1232	BUENA	BUENA	BUENA	08/12/03	B
587784	784	0002	3.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	12/12/03	B
587785	784	0002	3.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	12/12/03	B
587864	784	0002	3.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	12/12/03	B
592114	784	0002	3.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	12/12/03	B
591382	792	0002	3.000	1246	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
591381	792	0002	3.000	1246	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
591380	792	0002	3.000	1246	MALA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
591379	792	0002	3.000	1246	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
591378	792	0002	3.000	1246	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
591375	792	0002	3.000	1246	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
590466	792	0002	3.000	1228	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
590465	792	0002	3.000	1228	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
590464	792	0002	3.000	1228	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
590467	792	0002	3.000	1228	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
589135	792	0002	2.750	957	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
589326	792	0002	2.750	957	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
591316	792	0002	2.750	957	BUENA	BUENA	BUENA	15/12/03	D
655007	794	0328	3.000	1053	BUENA	BUENA	BUENA	17/12/03	A
655008	794	0328	3.000	1053	BUENA	BUENA	BUENA	17/12/03	A
655009	794	0328	3.000	1053	BUENA	BUENA	BUENA	17/12/03	A
655010	794	0328	3.000	1053	BUENA	BUENA	BUENA	17/12/03	A
655011	794	0328	3.000	1053	BUENA	BUENA	BUENA	17/12/03	A
597285	799	0002	2.750	1248	BUENA	BUENA	BUENA	18/12/03	A
601616	799	0002	2.750	1248	BUENA	BUENA	BUENA	18/12/03	A
601617	799	0002	2.750	1248	BUENA	BUENA	BUENA	18/12/03	A
601618	799	0002	2.750	1248	BUENA	BUENA	BUENA	18/12/03	A
601619	799	0002	2.750	1248	BUENA	BUENA	BUENA	18/12/03	A
601620	799	0002	2.750	1248	BUENA	BUENA	BUENA	18/12/03	A
601621	799	0002	2.750	1248	BUENA	BUENA	BUENA	18/12/03	A
593958	801	0002	3.000	1228	BUENA	BUENA	BUENA	19/12/03	A
594000	801	0002	3.000	1228	BUENA	BUENA	BUENA	19/12/03	A
594001	801	0002	3.000	1228	BUENA	BUENA	BUENA	19/12/03	A
594002	801	0002	3.000	1228	BUENA	BUENA	BUENA	19/12/03	A
602839	824	0006	3.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
602838	824	0006	3.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
602837	824	0006	3.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
602836	824	0006	3.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
602656	824	0006	3.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
602655	824	0006	3.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
602654	824	0006	3.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
603982	824	0006	4.000	1258	MALA	MALA	BUENA	08/01/04	B

603981	824	0006	4.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
603984	824	0006	4.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
603985	824	0006	4.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
603978	824	0006	4.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
603977	824	0006	4.000	1258	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
602687	824	0006	2.750	1257	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
602688	824	0006	2.750	1257	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
602689	824	0006	2.750	1257	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
602690	824	0006	2.750	1257	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
602691	824	0006	2.750	1257	BUENA	BUENA	BUENA	08/01/04	B
601137	821	0002	2.750	728	BUENA	BUENA	BUENA	09/01/04	B
601138	821	0002	2.750	728	BUENA	BUENA	BUENA	09/01/04	B
601139	821	0002	2.750	728	BUENA	BUENA	BUENA	09/01/04	B
601140	821	0002	2.750	728	BUENA	BUENA	BUENA	09/01/04	B
601141	821	0002	2.750	728	BUENA	BUENA	BUENA	09/01/04	B
601142	821	0002	2.750	728	BUENA	BUENA	BUENA	09/01/04	B
601143	821	0002	2.750	728	BUENA	BUENA	BUENA	09/01/04	B
604654	830	0002	4.000	1209	MALA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
604655	830	0002	4.000	1209	MALA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
604656	830	0002	4.000	1209	BUENA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
604657	830	0002	4.000	1209	BUENA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
604658	830	0002	4.000	1209	BUENA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
604659	830	0002	4.000	1209	BUENA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
604061	830	0002	4.000	1209	BUENA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
604063	830	0002	4.000	1209	BUENA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
604530	830	0002	4.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
604531	830	0002	4.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
604532	830	0002	4.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
604683	830	0002	4.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	10/01/04	D
605596	830	0002	4.000	1028	BUENA	BUENA	BUENA	10/01/04	D

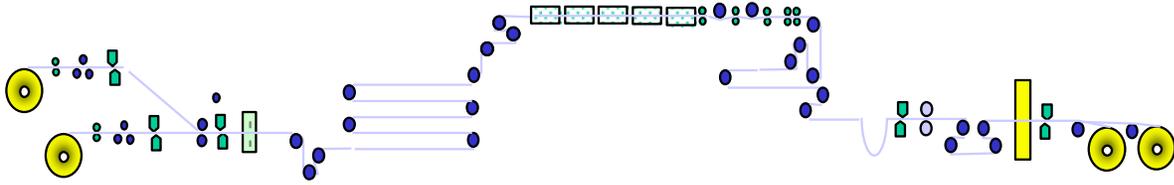
TOTAL : 126
BUENAS: 115 (91%)
MALAS : 11 (9%)

ANEXO 2 : DATOS HISTÓRICOS (TONELAJE DECAPADO I)

ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	TACE	TONELAJE	
			DC I	DC II
1200-1299	3	002	4426	54
1000-1099	3	002	1628	12
1200-1299	2.5	006	1584	99
1200-1299	4	002	1234	43
900-999	3	002	1102	26
1200-1299	2.75	002	1054	0
1200-1299	3	006	639	19
900-999	2.75	002	538	0
900-999	3.53	002	536	1
1000-1099	2.75	002	449	7
1200-1299	2.75	002	390	15
1000-1099	3	006	370	35
1200-1299	2.75	006	349	0
1200-1299	4	006	304	10
1000-1099	2.25	046	279	19
1200-1299	2.5	002	259	10
1200-1299	2.5	0328	252	0
900-999	2.25	046	250	1396

ANEXO 4: FLUJOGRAMAS DE PROCESO DE LOS DECAPADOS I Y II

DECAPADO 1 (DC 1)

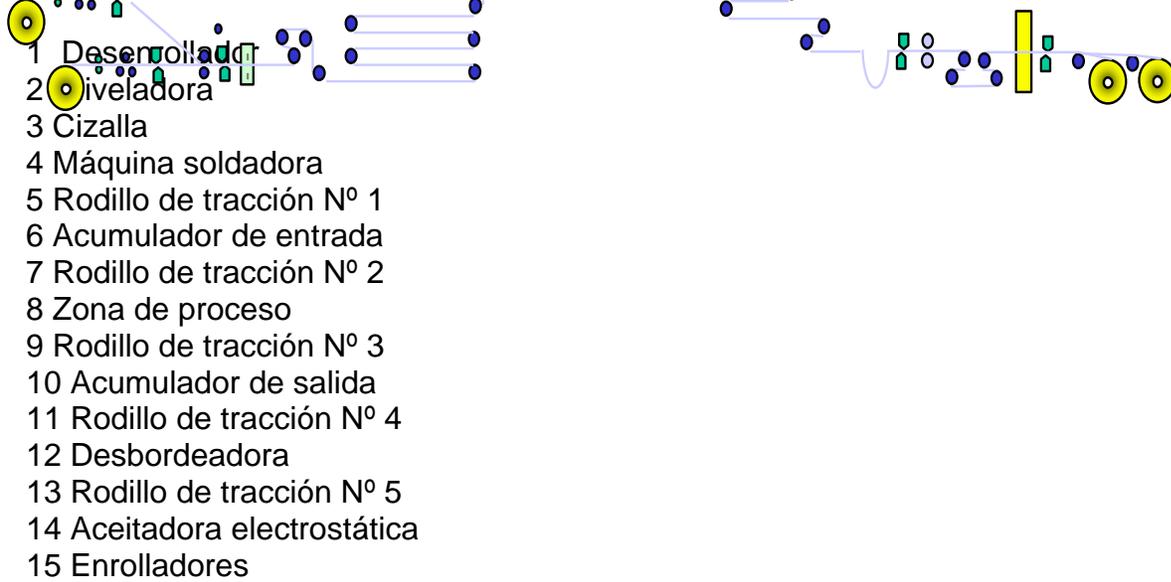


LEYENDA:

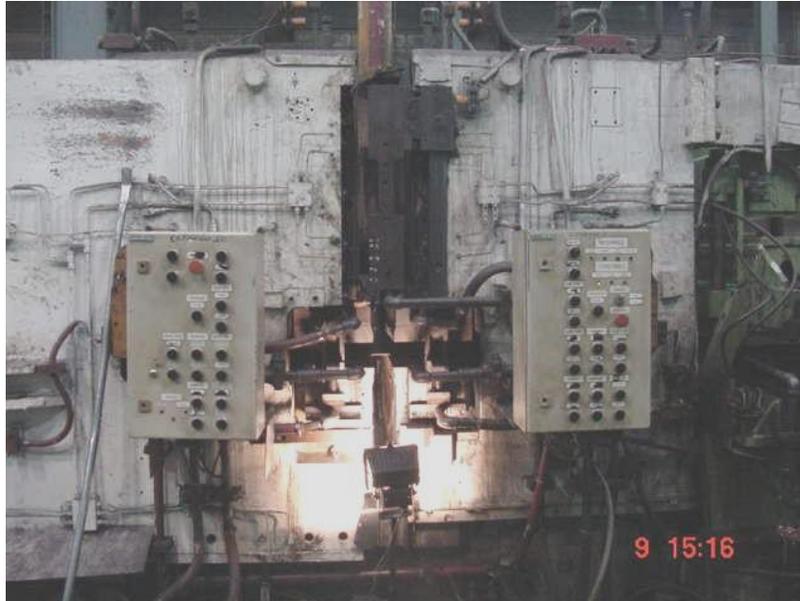
- 1 Desenrollador
- 2 Niveladora
- 3 Cizalla
- 4 Máquina soldadora
- 5 Rodillo de tracción N° 1
- 6 Acumulador de entrada
- 7 Rodillo de tracción N° 2
- 8 Zona de proceso
- 9 Rodillo de tracción N° 3
- 10 Acumulador de salida
- 11 Rodillo de tracción N° 4
- 12 Desbordadora
- 13 Rodillo de tracción N° 5
- 14 Aceitadora electrostática
- 15 Enrolladores

DECAPADO 2 (DC 2)

LEYENDA:



ANEXO 5: MAQUINA SOLDADORA



MAQUINA SOLDADORA MEIBACH DE LA LÍNEA DE DECAPADO II

ANEXO 6: LÍNEAS DE DECAPADO CONTINUO



LÍNEAS DE DECAPADO CONTINUO I Y II (DECAPADO I A LA DERECHA Y DECAPDO II A LA IZQUIERDA.)

ANEXO 7: MÁQUINA DE PRUEBA DE EMBUTIDO



MAQUINA DE PRUEBA DE EMBUTIDO ENEPARC

ANEXO 8: BOBINA DECAPADA



BOBINA DECAPADA POR LA LÍNEA DE DECAPADO CONTINUO II

ANEXO 9: TABLA DE DISTRIBUCIÓN t DE STUDENT

Valores t de Student y probabilidad P asociada en función de los grados de libertad gl .

gl	P (de una cola)									
	0.4	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0025	0.001	0.0005
2	0.289	0.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	22.326	31.596
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.215	12.924
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.265	0.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.262	0.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.260	0.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.260	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.259	0.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.258	0.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.257	0.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.257	0.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.706
27	0.256	0.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.256	0.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.256	0.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.256	0.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.255	0.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
60	0.254	0.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
120	0.254	0.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
Infinito	0.253	0.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291