

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS
ESFOT**

**ANÁLISIS, IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DE PROGRAMAS
STEPPER EN EQUIPOS DE SOLDADURA POR RESISTENCIA
CRÍTICOS DE LA CELDA AVEO DE LA PLANTA DE
SOLDADURA DE GM-OBB S.A. UTILIZANDO NORMAS
CORPORATIVAS.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA**

JOSÉ LUIS GUALLICHICO GUAMÁN

josephearth@hotmail.com

DIRECTOR: ING. HOMERO BARRAGÁN

hbarragan@hotmail.es

QUITO, FEBRERO 2008

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por José Luis Guallichico Guamán, bajo mi supervisión.

Ing, Homero Barragán
DIRECTOR DE PROYECTO

DECLARACIÓN

Yo, José Luis Guallichico Guamán, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

.....

José Luis Guallichico Guamán

El presente proyecto quiero dedicar a mi madre Consuelo quién ha sabido ayudarme a cumplir todos los objetivos que me he planteado, a mi padre José que con su carácter me ha fortalecido para desempeñarme en todas las etapas de mi vida, a mi hermano Santiago quien con inocencia a sido mi apoyo para realizar este proyecto.

Doy gracias a DIOS por darme la vida, templanza y conocimiento que me permiten seguir creciendo cada día como persona y profesional.

Gracias a mis Padres José y Consuelo que con su apoyo incondicional me han sabido levantar en los momentos más difíciles y enseñar el camino del bien.

Quiero agradecer a GM-OBB S.A por permitirme la realización de este proyecto y al Equipo de Trabajo Los Magníficos.

Un agradecimiento al Ing. Homero Barragán quien a sido mi guía para lograr la culminación de este proyecto.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2

CAPÍTULO 1

CRITICIDAD POR CALIDAD EN EQUIPOS DE SOLDADURA POR RESISTENCIA DE LA CELDA AVEO

1.1 SISTEMA GLOBAL DE MANUFACTURA DE GM-OBB.....	3
1.1.1 PRINCIPIOS DEL SGM DE GM-OBB.....	3-5
1.1.1.1 Elementos del SGM de GM-OBB.....	5
1.2. PRINCIPIO HECHO CON CALIDAD.....	6
1.2.1 ELEMENTOS DEL PRINCIPIO HECHO CON CALIDAD.....	6-7
1.3. VALIDACIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA.....	8
1.3.1 REQUERIMIENTOS FUNDAMENTALES DE LA VALIDACIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA.....	9-10
1.4. SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LAS OPERACIONES	
QCOS.....	11
1.4.1 INTERFACES DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	11-12
1.4.1.1 PLANIFICACIÓN DEL PRODUCTO.....	12-13
1.4.1.2 PLANIFICACIÓN DEL PROCESO.....	14
1.4.1.2.1 Requerimientos principales del proceso QCOS.....	14-17
1.4.1.2.2 Requerimientos de procesos específicos QCOS.....	18
1.4.1.2.2.1 Máquinas y equipos.	18
1.4.1.2.2.2 Error Proofing (a prueba de error).....	18-19
1.4.1.2.2.3 Control de procesos	19
1.4.1.2.2.4 Auditoria de procesos	19
1.4.1.3 APLICACIÓN DEL PROCESO.....	20
1.4.1.3.1 Plan de recursos de control de proceso.....	20
1.4.1.3.2 Plan del proceso de fabricación.....	20
1.4.1.3.3 Plan de inspección de calidad.....	21
1.4.1.3.4 Herramientas y equipamiento QCOS.....	21

1.4.1.3.5 Plan de observancia del piso de planta QCOS.....	21-22
1.4.1.3.6 QCOS conformidad con el plan en la planta.....	22
1.4.1.3.7 Observancia del plan QCOS para planta.....	23
1.4.1.3.8 Implementación del plan QCOS.....	23-24
1.4.1.3.9 Mantenimiento productivo total (TPM).....	24-25
1.4.1.3.10 Seguimiento y acciones correctivas.....	25-26
1.4.1.3.11 Retroalimentación y plan de mejora continua.....	27
1.4.1.3.12 Principios rectores.....	27-28
1.4.1.3.13 Efectividad y eficiencia.....	28-29

CAPÍTULO 2

TEORÍA DE SOLDADURA CON STEPPER

2.1 PRINCIPIO DE SOLDADURA.....	30
2.2 SOLDADURA ELÉCTRICA POR RESISTENCIA	30
2.3 SOLDADURA POR RESISTENCIA DE ELECTROPUNTO.....	30-32
2.4 FACTORES FUNDAMENTALES DE SOLDADURA.....	32-33
2.4.1 PRESIÓN DE SOLDADURA.....	33-34
2.4.2 CORRIENTE DE SOLDADURA.....	34
2.4.3 TIEMPO DE SOLDADURA.....	34-35
2.5 PARÁMETROS DE SOLDADURA.....	35-36
2.5.1 SQUEEZE TIME.....	36
2.5.2 WELD TIME.....	36
2.5.3 COOL TIME.....	36-37
2.5.4 WELD TIME2.....	37
2.5.5 HOLD TIME.....	37
2.5.6 OFF TIME.....	37- 38
2.6 PROGRAMAS STEPPERS.....	38
2.7 UTILIZACIÓN DE PROGRAMAS STEPPERS.....	39 -41
2.8 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PROGRAMACIÓN DE STEPPERS.....	42
2.8.1 SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA.....	42-44
2.8.2 SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL.....	44-48

2.8.3 SISTEMA MECÁNICO.....	48-55
2.8.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO.....	55-57
2.8.4.1 Efectos de la pérdida del enfriamiento.....	57
2.8.4.2 Factores que afectan el enfriamiento	57-61
2.8.4.3 Tratamiento químico del agua en GM-OBB.....	62 -63
2.8.5 MATERIAL A SOLDARSE.....	63-64
2.8.5.1 Espesores, recubrimientos y tipos de junta de los materiales a soldarse.....	64-68
2.8.6 ELECTRODOS O CAPS.....	68
2.8.6.1 Material de los electrodos o caps.....	68-69
2.8.6.2 Criterio para la selección electrodos o caps.....	70-71
2.8.6.3 Desgaste de los electrodos o caps.....	72-74

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE FACTORES DE PROGRAMACIÓN STEPPERS EN EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS DE LA CELDA AVEO

3.1 NORMALIZACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA.....	75-76
3.2 REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS.....	76
3.3 SELECCIÓN DE PROBETAS.....	76-77
3.4 PRUEBAS DESTRUCTIVAS POR DEFORMACIÓN EN PROBETAS...	77
3.4.1 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.....	77-79
3.4.2 EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	79-82
3.4.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.....	82-85
3.5 PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS DE CINCEL EN CARROCERÍAS.....	85-86
3.6 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR Y DENSIDAD DE CORRIENTE EN EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS POR CALIDAD DE LA CELDA AVEO.....	86-87
3.6.1 CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CORRIENTE.....	87-89
3.6.2 DENSIDAD DE CORRIENTE Y PERDIDAS DE CALOR.....	89-91
3.6.3 GRÁFICAS DE DENSIDAD DE CORRIENTE EN EQUIPOS CRÍTICOS.	92
3.6.3.1 Sección 1 Piso Delantero EQC01 y EQC02.....	92-93
3.6.3.2 Sección 2 Piso Posterior Paso 1 EQC55.....	94-95

3.6.3.3 Sección 3 Piso Posterior Paso 2 EQC61.....	96-97
3.6.3.4 Sección 4 Remate Under Body EQC54 y EQC56.....	98-99
3.6.3.5 Sección 5 Bóvedas Traseras EQC21 y EQC34.....	100-101
3.7 ANÁLISIS DE SOLDADURA.....	102
3.7.1 ANÁLISIS DE DENSIDAD DE CORRIENTE.....	102
3.7.2 ANÁLISIS DE INCREMENTO DE CORRIENTE.....	102-104
3.7.3 ANÁLISIS DE LAS HUELLAS DE CAPS.....	104-105
3.7.4 ANÁLISIS DEL ENFRIAMIENTO DEL EQUIPO.....	105-106

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMAS STEPPER EN EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS POR CALIDAD DE LA CELDA AVEO.

4.1 CONTROLADORES MEDAR.....	107-108
4.2 GENERALIDADES DEL LINNEAR STEPPER.....	108-110
4.3 PROGRAMACIÓN DE STEPPERS.....	110
4.3.1 CONFIGURACIÓN DE CONDICIONES INICIALES.....	111-112
4.3.2 INGRESO DE DATOS AL PROGRAMA STEPPER.....	113-114
4.3.3 ACTIVACIÓN DEL PROGRAMA STEPPER.....	114-116
4.4 PROGRAMACIÓN DE STEPPERS EN EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS POR CALIDAD DE LA CELDA AVEO.....	116
4.4.1 SECCIÓN 1 OPERACIÓN CRÍTICA DE PISO DELANTERO.....	116-117
4.4.2 SECCIÓN 2 Y 3 OPERACIÓN CRÍTICA DE PISO POSTERIOR.....	118-120
4.4.3 SECCIÓN 4 OPERACIÓN CRÍTICA DE REMATE UNDER BODY	120-121
4.4.4 SECCIÓN 5 OPERACIÓN CRÍTICA DE REMATE BÓVEDAS POSTERIORES RH Y LH.....	121-124

CAPÍTULO 5

VALIDACIÓN DE PROGRAMAS STEPPERS EN EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS DE LA CELDA AVEO.

5.1 IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA VALIDACIÓN DE PROGRAMAS STEPPER.....	125-127
--	----------------

5.2 GRÁFICAS DE LA VALIDACIÓN DE PROGRAMAS STEPPER DE EQUIPOS CRÍTICOS DE LA CELDA AVEO.....	128
5.2.1 SECCIÓN 1 PISO DELANTERO EQC01 Y EQC02.....	128
5.2.2 SECCIÓN 2 PISO POSTERIOR PASO 1 EQC55.....	129
5.2.3 SECCIÓN 3 PISO POSTERIOR PASO 2 EQC61.....	129
5.2.4 SECCIÓN 4 REMATE UNDER BODY EQC54 Y EQC56.....	130
5.2.5 SECCIÓN 5 BÓVEDAS TRASERAS EQC21 Y EQC34.....	130
5.3 IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA REEMPLAZO DE CAPS EN EQUIPOS CON STEPPER.....	131-132
5.4 IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA FRESADO DE CAPS EN EQUIPOS CON STEPPER.....	133-137
CONCLUSIONES.....	138-141
RECOMENDACIONES.....	142-143
BIBLIOGRAFÍA.....	144-145

ANEXOS:

ANEXO A: PRUEBA DE CINCEL NO DESTRUCTIVA, CRITERIO VISUAL PARA SOLDADURA GM4488M Y REGISTRO DE PRUEBA DE CICEL.

ANEXO B: AUDITORIA DE PROCESO QCOS SUELDA.

ANEXO C: IDENTIFICACIÓN DE OPERACIONES Y EQUIPOS CRÍTICOS, LAYOUT DE EQUIPOS CRÍTICOS.

ANEXO D: ORDEN DE TRABAJO EMITIDA MEDIANTE SOFTWARE DE MANTENIMIENTO MÁXIMO.

ANEXO E: HOJAS QCOS Y PLAN DE CONTROL.

ANEXO F: TRABAJO ESTANDARIZADO DE PRODUCCIÓN CON OPERACIONES CRÍTICAS.

ANEXO G: ESCALONAMIENTO DE ALARMAS, PLAN DE CONTENCIÓN Y REACCIÓN PARA CONTROL QCOS.

RESUMEN

Al realizar el análisis, implementación y validación de programas stepper en equipos de soldadura críticos por calidad de la celda Aveo mediante el uso de normas corporativas que rigen a General Motors Ómnibus BB GM-OBB S.A. se mantuvieron los procesos de soldadura dentro de los estándares de calidad determinados por el sistema de control de calidad en las operaciones QCOS con el propósito de lograr el mejoramiento continuo y la satisfacción del cliente interno y externo.

Para la implementación de los programas stepper se tuvo como premisa los factores que intervienen en el proceso de soldadura y en la calidad del botón o nugget de soldadura que está regida por el diámetro especificado por la norma esto se alcanzó mediante el manejo de la densidad de corriente dentro de intervalos de aceptabilidad con el aumento de corriente por cada punto o soldadura en el proceso.

Mediante el análisis de soldadura realizado para los equipos críticos se estableció los rangos de operación y funcionamiento adecuado de los equipos de soldadura con stepper con lo cual se logró el máximo rendimiento de sus componentes.

Utilizando los sistemas de control del proceso de soldadura MedWeld 3000 disponibles para los equipos críticos se optimizó los programas stepper haciéndolos más versátiles en su programación y manejo.

Con el uso de las normas corporativas de GM se estandarizó los procedimientos de análisis, implementación, validación y control de los programas stepper para mantener estos dentro las normas con el propósito de lograr la máxima eficiencia en los procesos de soldadura y mantener la calidad del nugget de soldadura.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la industria automotriz y la globalización del mercado han generado que las industrias sean más competitivas donde la mejor forma de competir es ofrecer un producto de menor costo y excelente calidad por este motivo GM-OBB se vió en la necesidad de implementar un programa de soldadura paralelo al ya existente que controle las pérdidas de calor provocadas por el desgaste de los electrodos manteniendo la densidad de corriente en intervalos de fluctuación que no afecten a la calidad de la soldadura.

La productividad en las industrias juega un papel muy importante donde con los mismos insumos se debe mejorar la producción y calidad de los productos esto es lo que se ha tomado en cuenta para la implementación de los programas stepper en los equipos de soldadura críticos por calidad de la celda Aveo.

El siguiente proyecto trata los principios más importantes de calidad y procesos de soldadura de resistencia para tener una visión clara y general del campo en el que se va a trabajar para lograr mantener la calidad del producto al mismo costo.

Se estudiará el funcionamiento y aporte al proceso de soldadura de cada uno de los componentes de un equipo de soldadura crítico que servirá para interactuar con la teoría y el comportamiento en el procesos de producción en serie de las carrocerías.

De igual manera se realizará un estudio de soldadura mediante el comportamiento inicial de los equipos y el funcionamiento con los programas stepper con la finalidad de establecer parámetros de funcionamiento idóneos y procedimientos de validación y control regidos a las normas de General Motors. El principio en todos los aspectos tratados siempre será el mejoramiento continuo y la calidad del producto para lograr el entusiasmo del cliente por la marca Chevrolet.

CAPÍTULO 1

CRITICIDAD POR CALIDAD EN EQUIPOS DE SOLDADURA POR RESISTENCIA DE LA CELDA AVEO.

En el presente capítulo se tratará la relación directa del Sistema Global de Manufactura aplicado en GM-OBB S.A. con la criticidad por calidad de los equipos de soldadura por resistencia definiendo cada uno de sus estándares y aplicaciones en la celda de soldadura Aveo.

1. SISTEMA GLOBAL DE MANUFACTURA DE GM-OBB.-

El Sistema Global de Manufactura es una combinación de los mejores métodos, procesos y prácticas mundiales de manufactura organizadas en una forma estándar para todas las plantas de GM en el mundo¹.

El objetivo de aplicar el SGM es eliminar toda clase de desperdicio para obtener reducciones de costo, mejoramiento en la calidad y tiempos cortos de respuesta hacia los clientes, llevando a GM-OBB a ser una compañía más competitiva en el mercado¹.

1.1 PRINCIPIOS DEL SGM DE GM-OBB S.A.-

El SGM se fundamenta en cinco principios interdependientes e interrelacionados como son:

- Compromiso de la gente
- Estandarización
- Hecho con calidad
- Tiempos cortos de respuesta, y
- Mejoramiento continuo

La figura 1.1 muestra la configuración esquemática de los cinco principios del SGM como un sistema solar lo cual denota la importancia que cumple cada uno de ellos para mantener funcionando adecuadamente un proceso productivo¹.



Figura 1.1 Esquema del SGM y sus principios.

Compromiso de la gente.- Es el proceso mediante el cual los empleados toman parte como participantes entusiasmados del éxito de la compañía con el propósito de asegurar que todas las actividades estén orientadas al desarrollo y soporte de las personas¹.

Estandarización.- Es el proceso dinámico por el cual se establecen estándares y reglas que documentan el más seguro, fácil y mejor método de realizar un trabajo, tiene la finalidad de asegurar repetitibilidad y consistencia de los procesos para establecer una base a partir de la cual se pueda mejorar¹.

Hecho con calidad.- Es el método mediante el cual la calidad es hecha dentro del proceso de manufactura, de tal forma que los defectos son prevenidos, detectados y medidas de contención son implementadas para prevenir su recurrencia para asegurar que los defectos no pasen al cliente¹.

Mejoramiento continuo.- Es el proceso basado en la estandarización, en el cual el mejoramiento es realizado a través de una serie de pequeñas y

continuas mejoras en Seguridad, Desarrollo de las Personas, Calidad, Capacidad de Respuesta y Costo; a través de la eliminación del desperdicio¹.

Tiempos cortos de respuesta.- Es mantener el movimiento de producto o material en la cantidad correcta, en el momento correcto, en el lugar correcto, con el equipo correcto; al menor costo posible tanto para el Proveedor como para el Cliente con la finalidad de alcanzar el entusiasmo del cliente entregándole su producto más rápidamente, manteniendo excelente la calidad. Finalmente, la compañía se beneficia con reducción de costos y mayor lealtad del cliente¹.

1.1.1 ELEMENTOS DEL SGM DE GM-OBB.-

Los elementos del SGM de GM-OBB son 33 conceptos, definiciones, actividades, procedimientos y procesos claves que soportan y mantienen sus 5 principios.

La tabla 1.1 muestra los principios del SGM con cada uno de sus elementos¹.

Involucramiento de la Gente	
1. Visión	5. Concepto de Equipo
2. Valores	6. Involucramiento de la Gente
3. Salud & Seguridad	7. Procesos de Comunicación Abiertos
4. Personal Calificado	8. Administración del Piso de Fábrica
Estandarización	
9. Organización del Puesto de Trabajo	11. Trabajo Estandarizado
10. Administración por Takt Time	12. Administración Visual
Construcción de la Calidad	
13. Estándares de Calidad de Producto	16. Retroalimentación de Calidad
14. Validación de Procesos de Manufactura	17. Administración del Sistema de Calidad
15. Verificación & Control en el Proceso	
Tiempos Cortos de Respuesta	
18. Flujo de Proceso Simple	23. Almacenamientos Temporales
19. Empaque en Pequeños Lotes	24. Sistema Halar/Despachar Interno
20. Sistema de Períodos de Ordenes Fijas	25. Cronogramas de Ordenes
21. Transporte Externo Controlado	26. Administración Cadena de Suministro
22. Cronogramas de Recepción / Despacho	
Mejoramiento Continuo	
27. Resolución de Problemas	31. Involucramiento en DFM/DFA
28. Despliegue del Plan de Negocios	32. Mantenimiento Productivo Total
29. Conceptos Andon	33. Proceso de Mejoramiento Continuo
30. Diseño Lean de Facilidades, Equipos, Herramental & Layout	

Tabla 1.1 Elementos del SGM de GM-OBB.

1.2. PRINCIPIO HECHO CON CALIDAD.-

Definición:

Está constituido de métodos por los cuales la calidad se hace en el proceso de manufactura, en forma tal que los defectos se previenen, detectan y se implementan medidas de contención para prevenir la recurrencia¹.

Objetivo:

Asegurar que los defectos no son pasados a los clientes.

La figura 1.2 muestra las herramientas, métodos y elementos que contribuyen al cumplimiento del principio hecho con calidad¹.



Figura 1.2 Pirámide del Principio Hecho con Calidad.

1.2.1 ELEMENTOS DEL PRINCIPIO HECHO CON CALIDAD.-

Control y Verificación en los Procesos.- Es el Sistema de “Hacer con Calidad” en la estación a través de la prevención, detección y contención de anomalías. El objetivo es minimizar las variaciones del proceso para asegurar que todos los productos estén sin fallas en la estación y son

confirmados lo más pronto posible siguiendo la fabricación y para reducir el desperdicio asociado con los defectos¹.

Estándares de calidad del producto.- Son requisitos medibles de las características del producto que garantizan que cumplan con los requerimientos del cliente interno (proceso de manufactura siguiente) y externo (persona que compra el vehículo). El objetivo es proporcionar un criterio para la evaluación del producto¹.

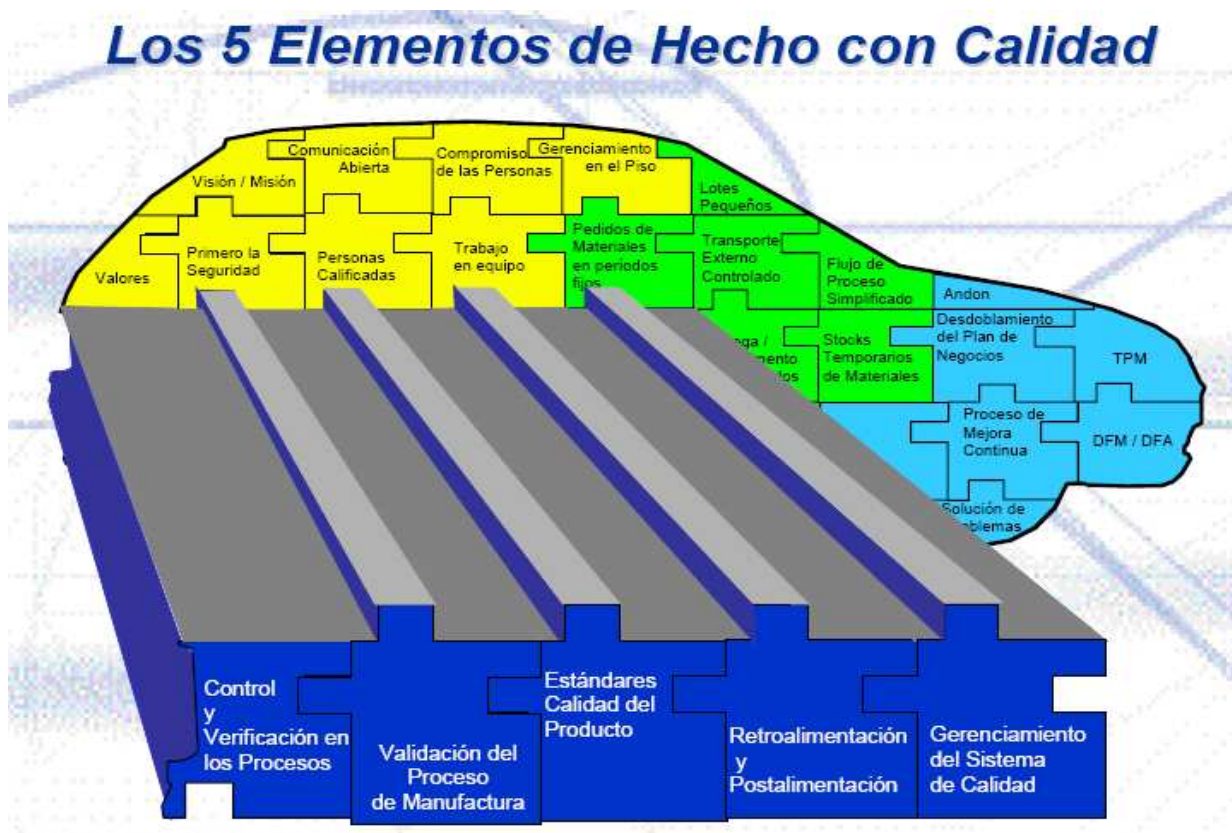


Figura 1.3 Elementos del Principio Hecho con Calidad.

Retroalimentación y Postalimentación.- Es el proceso de comunicación estandarizado de las expectativas de calidad y los resultados entre clientes y proveedores a través de un proceso de comunicación estandarizado. El objetivo es asegurar que la información sobre calidad llegue a la persona que la necesita¹.

Gerenciamiento del Sistema de Calidad.- Comprende la documentación común, prácticas, procedimientos y estructura organizacional que soportan el gerenciamiento del sistema de calidad. El objetivo es definir y regular el funcionamiento operacional de las actividades de calidad¹.

1.3. VALIDACIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA.-

Definición: Es el método por el cual los procesos se preparan y validan antes de comenzar con el volumen total de producción³.

Objetivo: Asegurar que cada proceso de manufactura permita alcanzar los estándares definidos de calidad del producto³.

Este elemento establece las bases de “Hecho con calidad”. La Figura 1.4 muestra el principio esquematizado de prevenir, detectar y contener defectos en una estación de trabajo.



Figura 3.1 Esquema Requerimientos de Calidad.

Los requerimientos para alcanzar las expectativas de Calidad son diseñados en cada proceso y validados para asegurar que los defectos no se realicen o envíen al proceso siguiente o al Cliente.

1.3.1 REQUERIMIENTOS FUNDAMENTALES DE LA VALIDACIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA.-

1. Incorporar dispositivos “A prueba de Error” en las actividades de diseño en proceso o producto. Los equipos de soldadura críticos por calidad de la planta GM-OBB tienen control automático de dos parámetros del proceso de soldadura que son³:

- Presión de aire adecuada en el sistema neumático del equipo mediante un sensor de presión digital.
- Caudal del fluido en el sistema de refrigeración mediante un sensor de caudal digital.

Estos sistemas al detectar una desviación del rango programado bajo condiciones normales de operación automáticamente bloquean el sistema eléctrico de control del equipo.

2. Utilizar métodos de Análisis de Riesgo para el desarrollo de los procesos críticos, tales como:

- Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (FMEA)
- Sistema de control de calidad en las operaciones (QCOS).

3. Identificar e implementar los Controles de Proceso tales como:

- Características claves del producto (KPC)
- QCOS
- Planes de Control de Proceso.

4. Asegurar que cada proceso de manufactura sea capaz de alcanzar los estándares de calidad del producto bajo las condiciones de producción.

5. En caso de cambios de los operadores, máquinas, materiales, métodos o ambiente se debe validar el proceso nuevamente.
6. Identificar medidas de contención en cada prueba piloto antes de pasar a las etapas siguientes.
7. Validar Herramientas de back-up (respaldo), equipamientos, embalajes, dispositivos y métodos antes de su uso.
8. Implantar un Plan documentado e implementado de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

1.4. SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD EN LAS OPERACIONES (QCOS).-

Introducción

QCOS “Quality Control Operation System” es un sistema estructurado para el control del proceso productivo el cual es utilizado para identificar características del vehículo que son importantes por seguridad del cliente, razones legales, o que impacten de manera negativa a la satisfacción del cliente².

El sistema QCOS facilita la planeación e implementación de controles en el proceso de manufactura que permiten salvaguardar al producto de fallas o discrepancias en cada uno de los procesos².

Objetivos:

- Detectar fallas potenciales del proceso o producto en el sistema productivo, previene reprocesos y desperdicios.
- Asegurar la correcta aplicación del control y verificación de los procesos de manufactura.

1.4.1 INTERFACES DEL PROCESO PRODUCTIVO.-

Las interfaces del proceso productivo son cada una de las etapas designadas para determinar, verificar y controlar la calidad del producto mientras este se encuentra en proceso de elaboración².

La figura 1.5 nos indica las interfaces del proceso productivo en la cual se determina la criticidad, se implementa los controles en el proceso y se verifica el cumplimiento de los estándares establecidos.

INTERFACES DEL PROCESO

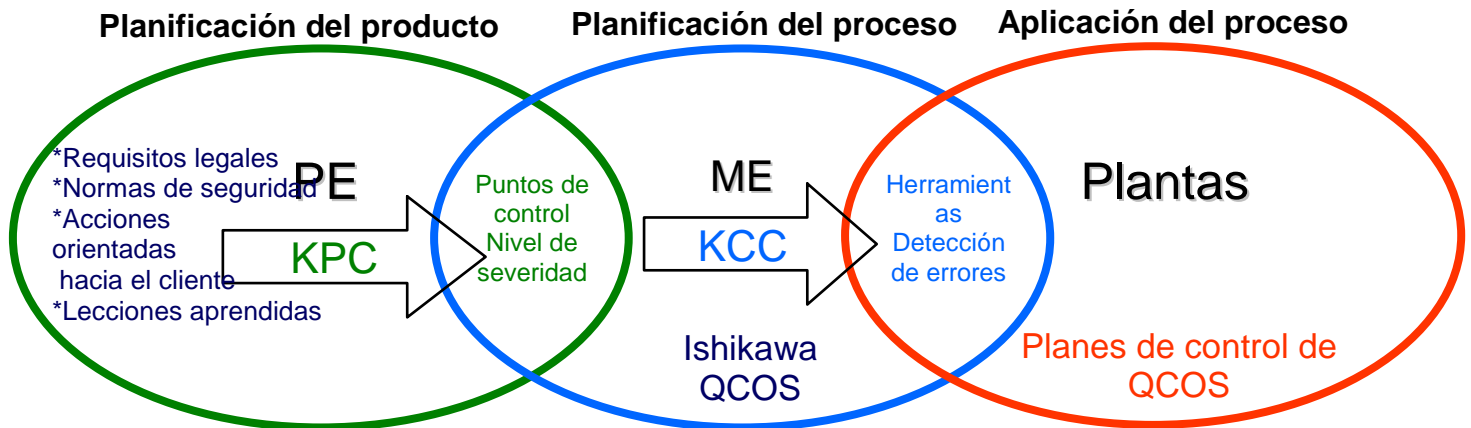


Figura 1.5 Interfaces del proceso productivo.

1.4.1.1 PLANIFICACIÓN DEL PRODUCTO.-

Es la etapa del proceso productivo donde mientras el vehículo es diseñado, Ingeniería del Producto evalúa el riesgo de los componentes del vehículo y asigna un valor numérico a los mismos según la Tabla 1.2 Este valor identifica la importancia con respecto a la seguridad del producto, regulación legal o satisfacción del cliente. Mientras más alto es el valor, más importante es la característica del vehículo.

Se determinan las Características Estándar del producto, es decir, características por la cual una variación de las mismas no afecta directamente a la seguridad del cliente o a los requerimiento gubernamentales, legales o a la funcionalidad del vehículo y las Características Claves del Producto **KPC** (Key Product Characteristics) donde por una variación de la mismas pueden afectar directamente a la seguridad del producto, a los requerimientos gubernamentales, legales o directamente a la satisfacción del cliente con el producto.

Todos los puntos de soldadura precisan de un perfil de aseguramiento mínimo. Todos requieren validación optimizada y, algunos de ellos, procedimientos de control.

Todas las características de un determinado producto están divididas en 3 categorías :

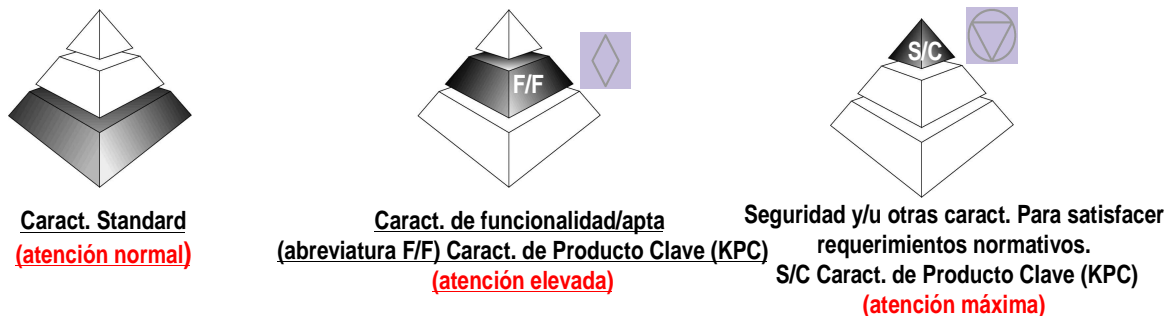


Figura 1.6 Categorías de KPC's.

En la siguiente tabla se determina el rango QCOS relacionando el tipo de KPC designada por el Departamento de Ingeniería.

Tipo KPC	Descripción/Ejemplos	Escala QCOS
S/C	Directamente relacionado a la seguridad humana (por ejemplo fallas de freno). Una desviación conduce directamente a un accidente con un impacto en la seguridad del pasajero	12
S/C	Indirectamente relacionado a la seguridad humana. Una desviación no conduce directamente a un accidente pero tiene un impacto en la seguridad del pasajero en el caso de un accidente (por ejemplo puntos de suelda safadados del soporte del cinturón de seguridad) Requerimientos legales.	9
F/F	Avería funcional del vehículo – Falta de Caminar a Casa	
F/F	No está relacionado a la seguridad humana, avería funcional (Falta de no caminar a casa, pero con muchas quejas del cliente (por ejemplo fuga de agua, ventana que no cierra).	6
F/F	No relacionado a la seguridad humana, ni tampoco a una avería funcional pero algunos clientes se quejan (por ejemplo etiqueta posicionada incorrectamente).	3

Tabla 1.2 Grado de criticidad QCOS.

Donde:

S/C: Seguridad / Cumplimiento (Safety / Carry out).

F/F: Ajuste / Función (Fix / Function).

1.4.1.2 PLANIFICACIÓN DEL PROCESO.-

En ésta etapa del proceso productivo se genera un plan de control para cada una de las KPC's del producto. Control de Características Estándar del Producto es un parámetro del proceso que controla o afecta una o varias características estándar del producto. Control de Características Claves del Producto **KCC** (Key Control Characteristic) es un parámetro del proceso por el cual la variación debe ser reducida a un valor objetivo para asegurar que la variación en una KPC es reducida.

1.4.1.2.1 REQUERIMIENTOS PRINCIPALES DEL PROCESO QCOS

El plan de control convierte las soldaduras KPC's en soldaduras KCC's (QCOS). Para cada KPC, los controles (KCC's) son planeados en el proceso para mejorar el Nivel de Garantía de Calidad. La soldadura KCC es QCOS², es decir, basada en los siguientes 5 recursos.

<u>Niveles de Control</u>	<u>Puntos</u>	<u>Herramientas Métodos</u>	<u>Prueba de Error</u>	<u>Control del Proceso</u>	<u>Inspección 100%</u>	<u>Auditoría del Proceso</u>
<u>ALTO</u>	<u>3</u>	'Estrategia de alta tecnología'				
<u>MEDIO</u>	<u>2</u>					
<u>BAJO</u>	<u>1</u>	'Estrategia de baja tecnología'				

Figura 1.7 Esquema de los recursos para control de un proceso crítico.

Una estrategia de 'Alta Tecnología/ Baja Gente' requiere alta inversión de equipamiento².

Una estrategia de 'Baja Tecnología/Alta Gente' requiere un control firme y cultura disciplinada².

- 3** Mínimo una vez por turno
- 2** Mínimo 2 veces por semana para todos los turnos
- 1** Mínimo una vez por semana para todos los turnos

Estrategia de Alta Tecnología : esta da más énfasis a los dos primeros recursos (Herramientas o Equipo e implementación A Prueba de Errores).

Estrategia de Baja Tecnología : esta da más énfasis a los tres últimos recursos (Control de Procesos, Inspección y Auditoría).

Sin embargo, ambos enfoques deben seguir la tabla de perfil de garantía mínima siguiente:

Puntajes Mínimos de Aseguramiento					
Clasificación	Herramientas o Equipo:	Detección de Errores:	Control de Proceso:	Inspección:	Auditoría de Proceso:
H Alto Aseguramiento (12 Puntos)	2	2	2	2	2
M Moderado Aseguramiento (9 Puntos)	2	1	1	1	1
L Bajo Aseguramiento (6 Puntos)	2	0	1	0	0
S Leve Aseguramiento (3 Puntos)	No se requiere un puntaje mínimo de aseguramiento. Sin embargo, el Departamento de Aseguramiento de Calidad debería monitorear el proceso de acuerdo a su capacidad.				

Tabla 1.3 Puntajes mínimos de aseguramiento.

Las dos primeras columnas son Responsabilidad de Planta, y se escogen basándose en la información descrita anteriormente, agregadas a retroinformación de Planta y Calidad para los departamentos de planeamiento de fabricación.

La evaluación final puede ser realizada seleccionando las características de proceso requeridas basándose en la Tabla 1.4 QCOS para Operaciones de Soldaduras².

TABLA DE QCOS PARA OPERACIONES DE SUELDA					
Puntos de Control	Herramental	A Prueba de Error	Control de Procesos	Inspección	Auditoria de Procesos *
3	Equipo de soldadura con control automático de, por lo menos, 4 parámetros de proceso de suelda.	Parada de la línea, parada del proceso como resultado de una desviación de cualquiera de los parámetros de proceso automáticamente controlados.	Pruebas No Destructivas de acuerdo con los SOS / Plan de verificación (Registro OK / NOK) Más revisión mensual de dos parámetros de proceso de soldadura <u>adicionales.</u>	Inspección visual continua con registro de errores de acuerdo con los SOS / Plan de verificación Más Pruebas Destructivas de acuerdo con los SOS / Plan de verificación.	Mínimo 1 por turno.
2	Equipo de soldadura con control automático de, por lo menos, 2 parámetros de proceso de suelda.	Parada de la línea, parada del proceso como resultado de una desviación de 2 de los parámetros de proceso automáticamente controlados. O señal auditiva causada por la desviación de 3 parámetros de proceso controlados.	Pruebas No Destructivas de acuerdo con los SOS / Plan de verificación (Registro OK / NOK) Más revisión mensual de un parámetro de proceso de soldadura <u>adicional.</u>	Inspección visual continua con registro de errores de acuerdo con los SOS / Plan de verificación O: Inspección visual de puntos de soldadura con registro de errores de acuerdo con los SOS / Plan de verificación. Más pruebas destructivas de acuerdo con los	Mínimo dos veces por semana para todos los turnos.
1	Equipo de soldadura con control automático de, por lo menos, 1 parámetro de proceso de suelda.	Parada de la línea, parada del proceso como resultado de una desviación de uno de los parámetros de proceso automáticamente controlados. O señal visual causada por la desviación de 3 parámetros de proceso controlados.	Pruebas No Destructivas de acuerdo con los SOS / Plan de verificación (Registro OK / NOK)	Inspección visual de puntos de soldadura con registro de errores de acuerdo con los SOS / Plan de verificación.	Mínimo una vez por semana para todos los turnos.
		Punto adicional: Señal visual causada por el erróneo posicionamiento de las partes.	Punto adicional: Lista de TPM, parámetros y documentación de herramental.		
Puntaje Máximo	3	4	4	3	3

Tabla 1.4 Tabla QCOS para operaciones de Soldadura.

	PRODUCTION			QUALITY INSPECTION	
Control Points	Welding Equipment	Error proofing	Process Control	Inspection	Process Audit (See Guidelines)
3	Welding equipment with Automatic control of at least 4 weld process parameters	Line stop or process stop by any deviation of 3 equipment controlled weld process parameter	Non destructive test according checkplan* (OK/ NOK sheet) <i>plus</i> monthly check of at least 2 additional weld process parameters	Continuous visual check with fault registration according SOS / checkplan <i>plus</i> destructive test according to checkplan	Min. 1 per shift
2	Welding equipment with Automatic control of at least 2 weld process parameters	- Line stop or process stop by any deviation of 2 equipment controlled weld process parameters <i>or</i> - Audible signal by any deviation of 3 controlled weld process parameters	Non destructive test according checkplan* (OK/ NOK sheet) <i>plus</i> monthly check of at least 1 additional weld process parameter	Continuous visual check with fault registration according SOS / checkplan <i>or</i> Visual spot check with fault registration according SOS / checkplan <i>plus</i> destructive test according to checkplan	Min. twice per week for all shifts
1	Welding equipment with Automatic control of at least 1 weld process parameter <i>Additional point: TPM list and parameter- and tools documentation</i>	- Line stop or process stop by deviation of 1 controlled weld process parameter <i>or</i> - Visual signal by any deviation of 3 controlled weld process parameters <i>Additional point: min. visual signal by parts position error</i>	Non destructive test according checkplan* (OK/ NOK sheet) <i>Additional point: Process is confirmed 2/months/shift by Production T/L or G/L by documented workstation audit</i>	Visual spot check with fault registration according SOS / checkplan.	Min. 1 per week for all shifts and/or process audit following Plant scheduled program
Max. points	3	4	4	3	
Min. Assu. Profile	2	2	2	2	2
TOTAL	3	3	2	2	2

NUNCA sumar puntos en la misma columna, a menos que se especifique como "punto adicional"

= 12

Después de considerar los puntos de cada columna de acuerdo a la "TABLA DE PERFIL DE SEGURIDAD MINIMA" sumar la fila "TOTAL".

Tabla 1.5 Cuantificación de tabla QCOS para operaciones de Soldadura

1.4.1.2.2 REQUERIMIENTOS DE PROCESOS ESPECÍFICOS QCOS

1.4.1.2.2.1 MÁQUINAS Y EQUIPOS.-

El departamento de ingeniería es responsable por la puesta en marcha de la arquitectura del equipo y especificaciones. Los estándares CRS (Control Robots Soldadura) deben ser cumplidos mientras sea posible.

Los parámetros de cada proceso se consideran cuando se seleccionan puntos de control². Por ejemplo:

- Compensación automática de pérdidas de corriente y voltaje (control de corriente constante).
- Garantizar la posición y cantidad de puntos.
- Fresado automático de caps.
- Control de presión de aire.
- Control de flujo de agua.

1.4.1.2.2.2 HERROR PROOFING (A PRUEBA DE ERROR).-

Los parámetros del proceso se consideran al seleccionar los puntos de control². Por ejemplo:

- Bloqueo de línea por desfasaje de presión de aire.
- Bloqueo de línea por falta de flujo de agua.
- Bloqueo de línea por desfasaje fuera de límite de la corriente de soldadura.
- Bloqueo de línea por puntos erróneos y/o fuera de tolerancia.

Al usar herramientas de soldadura manual en operaciones de alto grado (9) QCOS, es recomendado el uso de sensores de presión de aire y flujo de agua a fin de prevenir soldaduras, y evitar como consecuencia soldaduras en frío

debido a variaciones en los suministros de la línea principal, se asignan controles de procesos de “Error-Proofing” dependiendo del ranking QCOS.

1.4.1.2.2.3 CONTROL DE PROCESOS.-

Las pruebas no perniciosas siguen los procedimientos estándar de GM según:

- ISO-10447 “Soldadura – Prueba de arrancamiento y cincel en soldadura de resistencia por puntos, proyección y costura. (Remitirse al anexo A).

1.4.1.2.2.4 AUDITORIA DE PROCESOS.-

Las auditoria de operaciones QCOS grados 12 y 9 se llevan a cabo según los criterios delineados en la tabla 1.4 de recursos QCOS y bajo los criterios laborales normativos al monitor⁴ (Remitirse al anexo B):

- **Herramientas:** uso correcto de maquinaria/equipo
- **Método de operación:** confirmar que el proceso revisa puntos clave tal como se indica en la planilla QCOS, y el SOS (Trabajo Estandarizado) es respetado.
- **Documentación:** presentar en estación de trabajo y actualizada (una vez por mes).
- **Material:** uso de material(es) correcto(s) y operados según FIFO (salida en orden de entrada) cuando sea necesario.
- **Prueba de error:** sistema de detección de errores en pleno funcionamiento (detención de línea/proceso en caso de ser necesario).
- **Control del proceso:** pruebas de producto y registros de datos completados.

1.4.1.3 APLICACIÓN DEL PROCESO

En esta etapa del proceso productivo es donde se implementan cada uno de los planes de control, verificación, inspección y conformidad de las operaciones críticas identificadas. Además de definirse los principios rectores de los procedimientos para cumplir el ciclo de mejora continua (PHVA).

1.4.1.3.1 PLAN DE RECURSOS DE CONTROL DE PROCESO.

Es un plan para la instalación de equipamiento e instalaciones cuyo objetivo es satisfacer los perfiles mínimos de seguridad con respecto a las otras funciones de seguridad planificadas⁴.

Para cada proceso de clasificación, los controles son instaurados para asegurar que no se produzcan defectos y que no puedan salir de la planta.

Los procesos asociados con operaciones clasificadas 9 o 12, son identificados mediante la instalación de un cartel indicando la importancia de la operación (Remitirse al anexo C).

1.4.1.3.2 PLAN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN.

Es un plan de implementación desarrollado para el taller de operaciones de fabricación basado en el plan de procedimiento para operaciones QCOS⁴ considerando:

- Capacitación para Miembros de Equipo/Líderes de Equipo para todas las operaciones de grado 12 y 9.
- Capacidad de seguimiento para operaciones 12 y 9 como mínimo.
- Chequeos del control de procesos, chequeos de equipamientos, TPM, chequeos por equipos de producción.
- Procesos de auditoria por niveles (donde sea apropiado).

1.4.1.3.3 PLAN DE INSPECCIÓN DE CALIDAD.

Es un plan donde los controles para operaciones afectadas por KPCs/QCOS son incorporadas en el sistema de planeamiento de calidad⁴, considerando como mínimo:

- Chequeos de Monitoreo de Procesos por los encargados de Calidad.
- Artículos enumerados en el punto Plan de Procesos de Fabricación”.

1.4.1.3.4 HERRAMIENTAS Y EQUIPAMIENTO QCOS.

En ésta instancia de implementación se debe asegurar las operaciones de grado 12 y 9⁴:

- Las herramientas referidas (principales y de respaldo) Ej: pistolas soldadoras y controles son solamente identificados dentro de cada planta y son objeto de un mantenimiento planificado y a programas de calibración usando frecuencias adecuadas.
- El mantenimiento de herramientas y equipo es debidamente efectuado y documentado con rastreabilidad lo que permite una clara identificación de la persona que realizado el trabajo. Cualquier cambio en las herramientas es registrado con la fecha y número de secuencia (cuando esté disponible) y la razón para ese cambio (Remitirse al anexo D).
- La Capacitación del Personal de Mantenimiento es realizada en las frecuencias adecuadas y es efectuada y registrada con las firmas de aprendices e instructores.

1.4.1.3.5 PLAN DE OBSERVANCIA DEL PISO DE PLANTA QCOS.

Este plan comprende las láminas QCOS de los equipos críticos las cuales contienen el control de planeamiento de proceso que determinado a la fecha

incluyendo método de mecanizado, Error-Proofing, chequeo de controles de proceso, inspecciones y auditoria de procesos⁴.

Tablas QCOS (divididas en 3 secciones):

- **Área de Recursos de Control:** identifican que tipo de recursos de control pueden ser provistos en el proceso por el Grupo de Operación de Producción y Calidad.
- **Puntos de Recursos de Control:** que representan el grado de capacidad de control para el tipo de recursos planificados en las áreas de recursos de control.
- **Puntos Máximos Permitidos:** que identifican el número máximo de puntos de recursos de control permitidos para asignar para cada área de recursos de control.

1.4.1.3.6 QCOS CONFORMIDAD CON EL PLAN EN LA PLANTA.

Se realiza una referencia-cruzada entre los puntos de recurso del control del proceso real y la clasificación QCOS⁴.

Todos los procesos que conforman o no conforman con los requisitos QCOS se catalogarán así :

- ❖ **Conformidad** : cuando el valor del control sobre el proceso QCOS sea ≥ 1 y el perfil de garantía mínima se ha logrado⁴.
- ❖ **No-Conformidad** : cuando el valor de control sobre el proceso QCOS sea < 1 y/o el perfil de garantía mínima no se ha logrado⁴.

Láminas QCOS coloridas o láminas QCOS con puntos coloridos se usan para indicar el estatus de la conformidad (**verde**) y no-conformidad (**rojo**). (Remitirse al anexo E).

1.4.1.3.7 OBSERVANCIA DEL PLAN QCOS PARA PLANTA.

Valor del control sobre el proceso⁴.-

VCP: RCP / CO

VCP: Valor del control sobre el proceso

RCP: Número total de recursos para controlar el proceso.

CO: Grado QCOS para la operación.

Clasificación

Influencia directa sobre vida humana¹²

Falla funcional

Objeciones de muchos clientes

Objeciones de algunos clientes

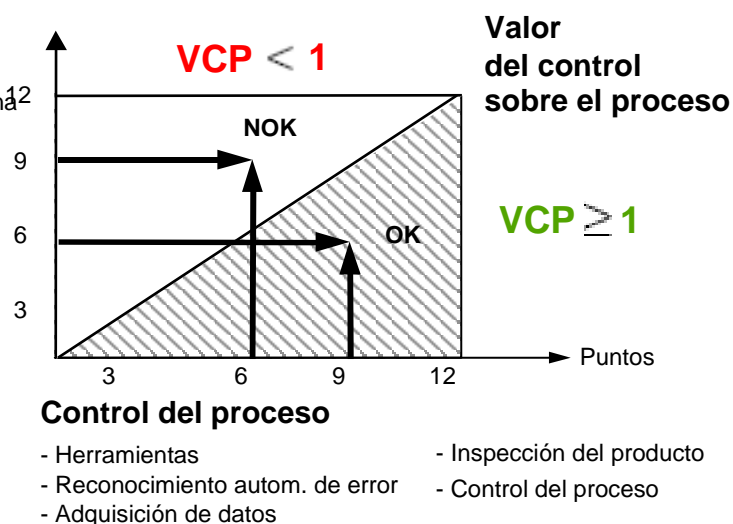


Figura 1.8 Esquema del valor del control sobre el proceso

Nota: Si clasifica una de las operaciones menos críticas con un valor muy alto (>1), podría introducir DESPERDICIO en el sistema. La planta necesita reevaluar estas operaciones y asegurarse de que los controles estándares se estén siguiendo antes de añadir controles adicionales⁴.

1.4.1.3.8 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN QCOS.

Se establece la organización del área laboral para controlar las operaciones QCOS⁴:

- Desarrollar SOS y JES utilizando.
- Asegurar que toda operación QCOS esté correctamente identificada en JES. (Remitirse al anexo F).
- Identificar la ubicación de operaciones 12 y 9 con señalización.
- Auditorias del área laboral y monitoreo del proceso (según se requiera o sea conveniente).
- Asegurarse de que todas las especificaciones relevantes o normativas de calidad estén disponibles en las áreas de reparación.
- Implementar el equipo apropiado y la hoja de captación de datos para revisar y registrar los resultados.

1.4.1.3.9 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM).-

Es una estrategia amplia, orientada a las personas, máquinas y equipos, buscando maximizar la eficiencia de las máquinas, proceso y la calidad del producto⁴.

Está compuesto de 7 etapas las cuales se detallan a continuación:

0		Preparación	Reunión para planificación y limpieza inicial.
1		Limpieza Inicial	Limpiar e identificar discrepancias en el equipo.
2		Contramedidas	Aplicar contramedidas a las discrepancias identificadas.
3		Preparación de Estándares Temporales	Establecer procedimientos operacionales para limpieza, lubricación e inspección de elementos fijadores.

4		Inspección General	Inspeccionar los elementos de todo el equipo y corregir las discrepancias.
5		Inspección Autónoma	Revisar los procedimientos establecidos y asegurar su ejecución mediante T/M
6		Estandarización	Estandarizar las acciones para el control de equipo y los dispositivos periféricos.
7		Control Autónomo	Consolidar los métodos de control y permitir el entrenamiento para asegurar la habilidad en la ejecución de reparos pequeños y la continua mejora.

Figura 1.9 Etapas del Mantenimiento Productivo Total

1.4.1.3.10 SEGUIMIENTO Y ACCIONES CORRECTIVAS.

El plan en general.-

En caso de haber una condición de no conformidad o no estándar relacionada al proceso o al producto, se deberá contar con dos tipos de acción: Contención y corrección⁴. (Remitirse al anexo G).

Contención:

- Implementación de respaldo del proceso para asegurar que la calidad del producto reúna las especificaciones, identificando, registrando y comunicando un número secuencial de corte.
- Se evita el paro de un número suficiente y predeterminado de productos “corriente abajo” que se fugan al siguiente proceso principal. Si la fuga es inevitable, debe haber acciones de planificación y confirmación.
- Registrar las unidades potenciales, el nombre del auditor y los resultados.
- En caso de reparación, se debe registrar en la hoja de vida de la unidad.

Acción correctiva⁴:

- Realizada la contención, se identifica la causa principal de la no conformidad siguiendo los pasos necesarios de resolución del problema. Determinada la causa, se lleva a cabo la acción correctiva y se confirma con revisiones de seguimiento.
- Las acciones tomadas para implementar la contramedida se documenta y registra con un número secuencial corte.
- Para reparaciones de soldadura solo se usa el proceso de reparación especificado por ingeniería o por ensamblaje. Bajo estándares de Ingeniería GM.
- Toda soldadura KPC reparada fuera de la estación debe asegurarse según los métodos en Estándares de Ingeniería GM (procedimiento GM4488M).
- El área de reparación mantiene Normas de Inspección Vehicular Total (NIVT) para toda soldadura KPC realizada “corriente arriba” desde el área de reparación.
- Los manuales de servicio solo se utilizan para guiar en la resolución de problemas, no para cumplir las especificaciones de soldadura.

Proceso de respaldo⁴.

En caso de tener que contar con un proceso de respaldo:

- Confirmar que el proceso sea correcto en la planificación / trabajo estandarizado.
- Un mínimo de 5 vehículos se revisan al introducir el proceso de respaldo.
- Aplicar Validación.
- Repetir los pasos anteriores si el proceso se traslada al turno siguiente o si se reestablece el proceso estándar.

1.4.1.3.11 RETROALIMENTACIÓN Y PLAN DE MEJORA CONTINUA.

Se Analizan todas las fuentes de retroalimentación relevantes:

- Indicadores de calidad de la planta y datos de campo.
- Resultados de la auditoría del proceso.
- Revisiones relacionadas al producto, análisis de tendencia o estudio de seguimiento de funcionalidad.

En caso de insuficiencia en funcionalidad o inquietud por perfil de aseguramiento mínimo como consecuencia de especificación de equipo, las necesidades se hacen conocer a Ingeniería Manufacturera para que tengan conocimientos adquiridos en programas futuros⁴.

Mejorar el control del proceso:

- Revisar las aplicaciones de control (tabla QCOS), establecer un plan e implementar las mejoras requeridas.
- Revisar a graduación QCOS si se determinada que la original es incorrecta.

1.4.1.3.12 PRINCIPIOS RECTORES.-

Los operadores y monitores están conscientes de la importancia de la calidad de la soldadura⁴.

Los KPC soldadores deben definirse en un ambiente de EIF (Equipo Interfuncional).

El grado QCOS puede lograrse por dos métodos diferentes: alta tecnología y baja tecnología.

Cuando proceda, siempre se debe considerar la detección de errores.

La verificación de soldadura (prueba de cincel) en superficies visibles debe ser transparente al cliente.

La herramienta, el equipo, los medidores y los dispositivos detectores de error se validan y mantienen.

Las herramientas de respaldo se revisan de acuerdo a la Manutención planeada y a la rutina TPM de verificación.

1.4.1.3.13 EFECTIVIDAD Y EFICIENCIA.-

Efectividad:

Todas las operaciones de soldadura califican y demuestran capacidad para cumplir con las especificaciones⁴.

Todo KPC alcanza el valor de control y los requisitos de perfil dentro de QCOS, utilizándose adecuadamente los recursos para control de proceso.

El porcentaje de operaciones QCOS que reúnen los criterios de aseguramiento mínimo.

Prevención de campañas por seguridad o fallas del tipo “walk-home”

Eficiencia:

El proceso es revisado regularmente, analizando el control de producto y monitoreando los resultados y mejorando los controles, según sea necesario⁴.

EL sistema QCOS es de gran importancia para el control de la calidad en el proceso de soldadura por resistencia lo cual conlleva a la necesidad del conocimiento teórico y técnico de esta ciencia.

En la planta de soldadura de GM-OBB se aplican normas corporativas que regulan la calibración de los equipos de soldadura y requerimientos de funcionamiento de los mismos para alcanzar la máxima productividad con excelente calidad en sus operaciones.

Es de mucha importancia la relación que existe entre la calidad y el funcionamiento adecuado de un equipo de soldadura crítico debido a que una falla en este podría provocar inseguridad o insatisfacción en el cliente tanto externo como interno.

Para que la calidad de la soldadura sea mantenida en el proceso productivo en serie de los vehículos es imprescindible la eliminación de variables en el proceso de soldadura donde la más importante y complicada de controlar es el limado de los electrodos o caps debido a que está directamente relacionada con la habilidad del operador, por este motivo el uso de programas stepper es necesario para mantener la densidad de corriente dentro de intervalos aceptables en el proceso de soldadura y garantizar la calidad de las carrocerías ensambladas.

CAPÍTULO 2

TEORÍA DE SOLDADURA CON STEPPER

En el siguiente capítulo se tratará la relación de los programas stepper con la soldadura de resistencia de electropunto y los sistemas que comprenden un equipo de soldadura conjuntamente con los factores que intervienen en la realización de programas stepper.

2.1 PRINCIPIO DE SOLDADURA.-

Se llama soldadura al proceso mediante el cual se logra la unión de dos o más piezas metálicas de igual o parecida composición química, de forma que la unión quede rígida y permanente. Esto se consigue aplicando calor y/o presión y con la aportación de otro metal de enlace.

2.2 SOLDADURA ELÉCTRICA POR RESISTENCIA .-

Se la define como un sistema de soldadura autógena a presión que actúa sin metal de aportación. El calor necesario para llevar a fusión la zona a soldar se produce por la resistencia que una corriente eléctrica de alta intensidad y baja tensión encuentra al atravesar dicha zona. El término "Soldadura de Resistencia" viene del hecho de que es la propiedad eléctrica de la resistencia del metal a ser soldado la que causa el calor que se generará cuando la corriente fluye a través de él, por el Efecto Joule.

2.3 SOLDADURA POR RESISTENCIA DE ELECTROPUNTO.-

El esquema de la figura 2.1 muestra el calor liberado por la resistencia en el punto (a), unido a la presión ejercida sobre el metal base por los electrodos,

efectúa un punto de soldadura. Este calor es el efecto de la resistencia R , que recorre una corriente I por un tiempo t y es dado por la relación⁶:

$$Q = \frac{I}{J} R \times I^2 \times t = 0.24 R \times I^2 \times t$$

Donde,

Q = Calor

I = Intensidad en amperios (A)

R = Resistencia en ohmios (Ω)

t = Tiempo (seg.)

$\frac{I}{J} = 0.24$ es el equivalente mecánico de la caloría ($J = 4.18$ Joules)

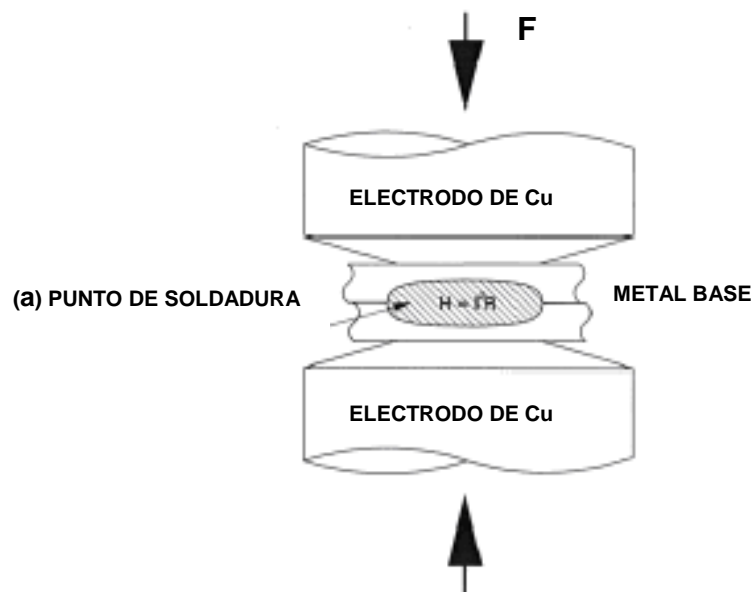


Figura 2.1 Esquema del principio de la soldadura por resistencia.

En el diagrama de la figura 2.2 vemos cómo la temperatura varía en las diversas zonas comprendidas entre los electrodos.

Es a causa de la mayor presencia de aire que hay entre los metales por lo que en esta zona la resistencia es superior.

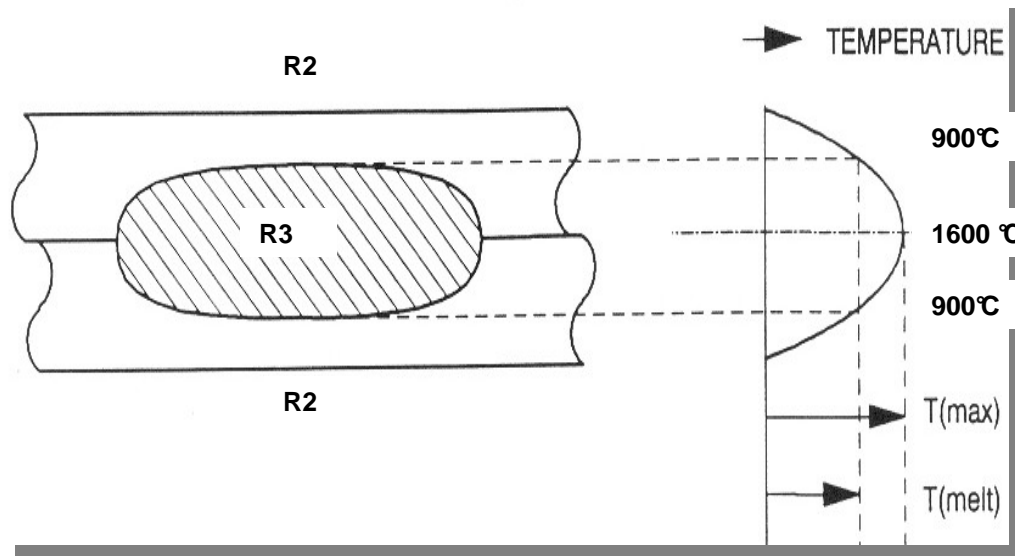


Figura 2.2 Diagrama de variación de temperaturas en el punto de soldadura.

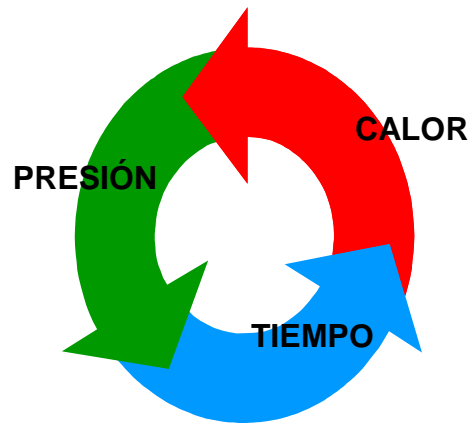
El cobre de los electrodos es óptimo conductor, por lo que la resistencia ($R2$) resulta inferior a la resistencia ($R3$); se consigue así que la temperatura más alta sea la que se tiene en la zona de contacto entre los dos metales. Para evitar el quemado y la fusión de los electrodos de conducción estos son refrigerados por circulación de agua en su interior. Con una intensidad de corriente suficiente, el calor liberado supera la temperatura de fusión en la zona de contacto y el metal se funde. Con la ayuda de una fuerte presión de los electrodos sobre chapa se forma un punto de soldadura⁶.

2.4 FACTORES FUNDAMENTALES DE SOLDADURA.-

Dentro de la soldadura de resistencia por puntos tres factores son los fundamentales:

- Presión de Soldadura (P).
- Corriente de Soldadura (I).
- Tiempo de Soldadura (t).

La adecuada relación entre los mencionados factores proporciona un nugget de soldadura con calidad, es decir, con una fusión ideal entre chapas logrando una junta consistente y sin defectos.



$$\sum \text{PRESIÓN} + \text{CALOR} + \text{TIEMPO} = \text{PUNTO DE SOLDADURA}$$

Figura 2.3 Esquema de la relación de factores de soldadura.

2.4.1 PRESIÓN DE SOLDADURA.-

La presión de soldadura de los electrodos está muy relacionada con la corriente de soldadura y un adecuado balance debe ser constantemente mantenido entre ellas. Una presión insuficiente en función de la corriente de soldadura provocaría los siguientes resultados:

- Esparcimiento de la superficie (proyecciones)
- Esparcimiento interno
- Porosidad
- Acumulaciones sólidas (rebaba) sobre los electrodos.

La presión excesiva (debida a una reducción de la resistencia de contacto) disminuye la densidad de corriente y por lo tanto la resistencia de la soldadura. Éste fenómeno trae como consecuencia:

- Penetración profunda o marca en las piezas del metal a soldar (indentaciones)
- Perforación del material soldado
- Inconsistencia del punto de soldadura debido a su sección transversal.

2.4.2 CORRIENTE DE SOLDADURA.-

La corriente de soldadura tiene mayor efecto en términos de condiciones de soldadura ya que el calor generado es proporcional al cuadrado de la corriente según la Ley de Joule.

Entonces a mayor corriente mayor es el calor generado en el punto de soldadura, esto produce zonas de fusión ideales y de resistencia mecánica alta, mientras que a una menor corriente de soldadura menor es el calor generado lo que produce zonas de fusión pequeñas y de baja resistencia mecánica.

Para que la ley se cumpla es muy importante el campo de acción en que actúa la corriente, éste campo debe ser altamente resistivo y es resultado de las propiedades eléctricas del material a soldar. Los valores de resistencia para el acero van de 60 a 150 micro ohmios y la corriente de soldadura para el acero va de 7000-18000 amperios.

2.4.3 TIEMPO DE SOLDADURA.-

La aplicación de una corriente demasiado alta durante un intervalo corto genera deformación en la junta soldada (derretir la misma) y se formará un cilindro a través de la pieza de trabajo, en lugar de un punto de soldadura adecuado debido a la insuficiencia de tiempo de aplicación de calor.

Si se aplica baja corriente durante mucho tiempo el calor se fuga por conducción por lo tanto un punto de soldadura no se puede llegar a formar.

Los cambios del tiempo de soldadura bajo condiciones normales producen lo siguiente:

Cuando el tiempo de soldadura es muy corto el punto llegará a ser más pequeño en tamaño y su resistencia es reducida, en ese momento un punto de soldadura no se podrá formar cuando el tiempo es disminuido. Por otra parte si el tiempo de soldadura es más largo, la única consecuencia sería la pérdida de tiempo, el cual sin embargo, deterioraría los electrodos y reduciría la eficiencia del trabajo.

El tiempo de soldadura en una producción en serie es el que regula la rapidez o lentitud de un proceso productivo en éste aspecto existen dos condiciones muy importantes:

- Si se desea un proceso rápido que es lo que predomina en la productividad de una empresa es necesario que el tiempo de soldadura sea bajo y la corriente sea alta y adecuada para el material a soldar como consecuencia se tiene la producción excesiva de esquirlas.
- Se logra la eliminación de esquirlas en el proceso productivo usando un tiempo de soldadura largo y una corriente baja adecuada para el material a soldar.

2.5 PARÁMETROS DE SOLDADURA.-

La realización de un punto de soldadura no es instantánea, este es obtenido en el tiempo y puede ser analizado dividiendo el proceso de soldadura por resistencia en tres fases⁷:

- **Fase mecánica.-** en esta fase del proceso de soldadura está el parámetro Squeeze Time y el parámetro Off Time.

- **Fase eléctrica.-** en esta fase del proceso de soldadura está el parámetro Weld Time. Si se trata de soldaduras sucesivas se puede hablar de un Weld Time₂, Weld Time₃, etc. Además entre estos tiempos aparece otro parámetro llamado Cool Time.
- **Fase metalúrgica.-** en esta fase del proceso está el parámetro Hold Time.

2.5.1 SQUEEZE TIME.-

Denominado en español tiempo de presión o apriete es el intervalo de tiempo programado en ciclos de segundo en el cual los electrodos se aproximan al material y mantienen presionada la junta soldada hasta asegurar la presión adecuada para el proceso de soldadura. Este tiempo debe ser lo suficientemente largo para lograr el contacto entre las caras de los electrodos y el material a soldar antes de que fluya la corriente.

2.5.2 WELD TIME.-

Denominado en español tiempo de soldadura es el intervalo de tiempo programado en ciclos de segundo durante el cual la corriente fluye a través del material a ser soldado (el mismo que se encuentra bajo presión). Este tiempo de soldadura es el que garantiza la generación y crecimiento del nugget de soldadura, es decir, el tiempo necesitado para formar el punto.

2.5.3 COOL TIME.-

Denominado como tiempo de enfriamiento es el intervalo de tiempo programado en ciclos de segundo que se debe colocar después de un flujo de corriente (Weld Time) y antes del próximo (Weld Time₂) cuando se trata de una secuencia de soldadura de multipulso. Este es el tiempo que garantiza el enfriamiento de los electrodos por las altas corrientes usadas y el gran calor

generado los mismos que podrían fundir el material con los electrodos, generalmente se usa para la soldadura de espesores mayores.

2.5.4 WELD TIME2.-

Denominado como segundo tiempo de soldadura es el intervalo de tiempo programado en ciclos de segundo durante el cual la corriente fluye a través del material ya soldado en una secuencia de soldadura multipulso. Este tiempo es el que garantiza el crecimiento del nugget de soldadura en espesores mayores.

2.5.5 HOLD TIME.-

Denominado como tiempo de fragua o sostenimiento es el intervalo de tiempo programado en ciclos de segundo durante el cual los electrodos permanecen cerrados bajo la presión inicial o ideal después de que la corriente de soldadura ha cesado. Es el tiempo que garantiza el enfriamiento del metal fundido mientras que el punto de soldadura formado tiene fuerza para resistir la separación.

2.5.5 OFF TIME.-

Denominado como tiempo de apertura es el intervalo de tiempo en el cual los electrodos se separan de la junta soldada y el ciclo se reinicia para realizar el siguiente punto de soldadura . Es el tiempo necesario para la liberación de los electrodos y se usa cuando el ciclo de soldadura es repetitivo.

El la figura 2.4 se puede ver gráficamente los parámetros de soldadura que intervienen en ciclo de soldadura simple además se puede identificar las fases del proceso de la siguiente manera:

Fase mecánica: $\overrightarrow{1-2-3}$, $\overrightarrow{5-6}$

Fase eléctrica: $\overrightarrow{3-4}$

Fase metalúrgica: $\overleftarrow{4-5}$

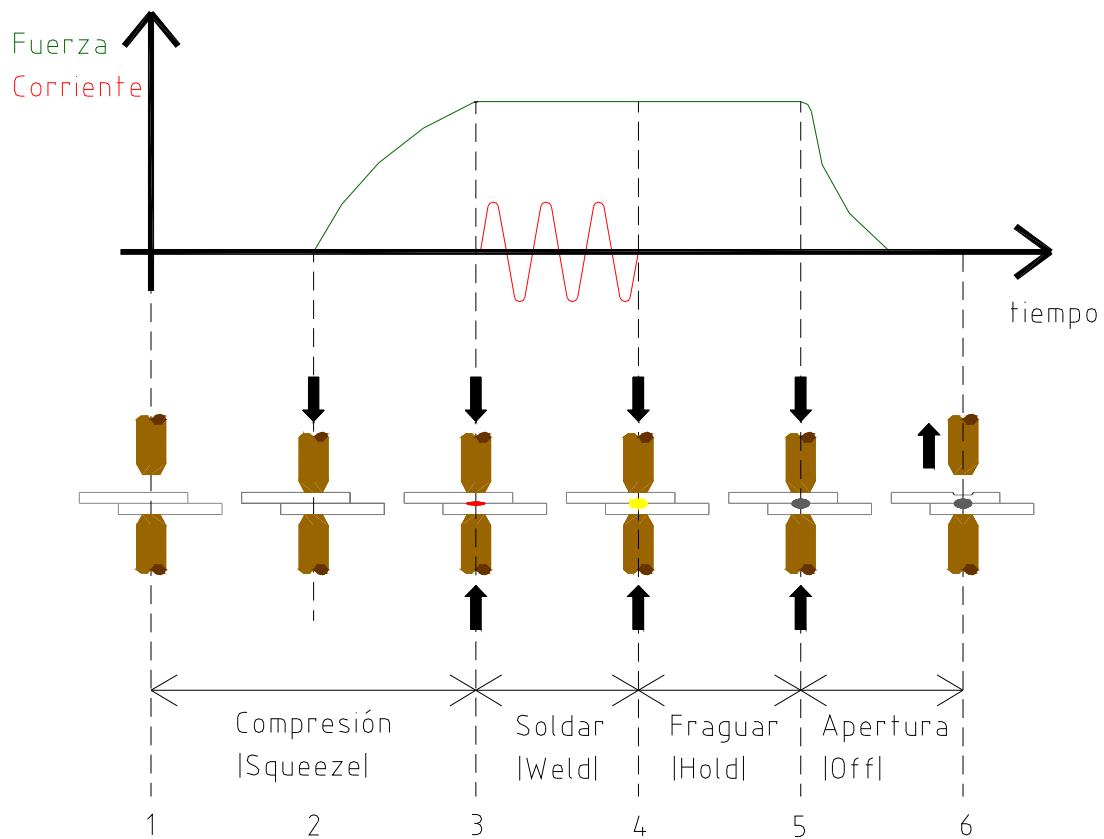


Figura 2.4 Esquema del ciclo de soldadura simple.

2.6 PROGRAMAS STEPPERS

Definición:

El stepper es un programa paralelo al programa de soldadura que ayuda a compensar la falta de calor en la zona de soldadura debido al crecimiento de los electrodos en la zona de contacto. Tal incremento en la zona de contacto por desgaste y deformación del electrodo debido al esfuerzo y calor al que se somete en cada punto.

2.7 UTILIZACIÓN DE PROGRAMAS STEPPERS

Bajo las operaciones repetitivas del proceso de soldadura por resistencia los electrodos o caps se deforman debido a las altas temperaturas y presiones a las que son sujetos. El desgaste de los electrodos se refleja físicamente en una especie de hongo en la superficie de contacto de los mismos este es denominado “Mushrooming” o efecto hongo (Remitirse al anexo J) el cual provoca el decremento de dos variables importantes en el proceso de soldadura¹⁴:

- La presión aplicada por los electrodos sobre el material a soldar (fuerza por unidad de área). y
- La densidad de corriente (corriente por unidad de área)

El stepper compensa la disminución de densidad de corriente aumentando el calor generado en el punto de soldadura, lo cual se logra incrementando la corriente inicial de soldadura en determinados intervalos de puntos logrados o a su vez por cada punto soldado se incrementa unidades de corriente (amperes) necesarios para mantener la calidad del punto de soldadura.

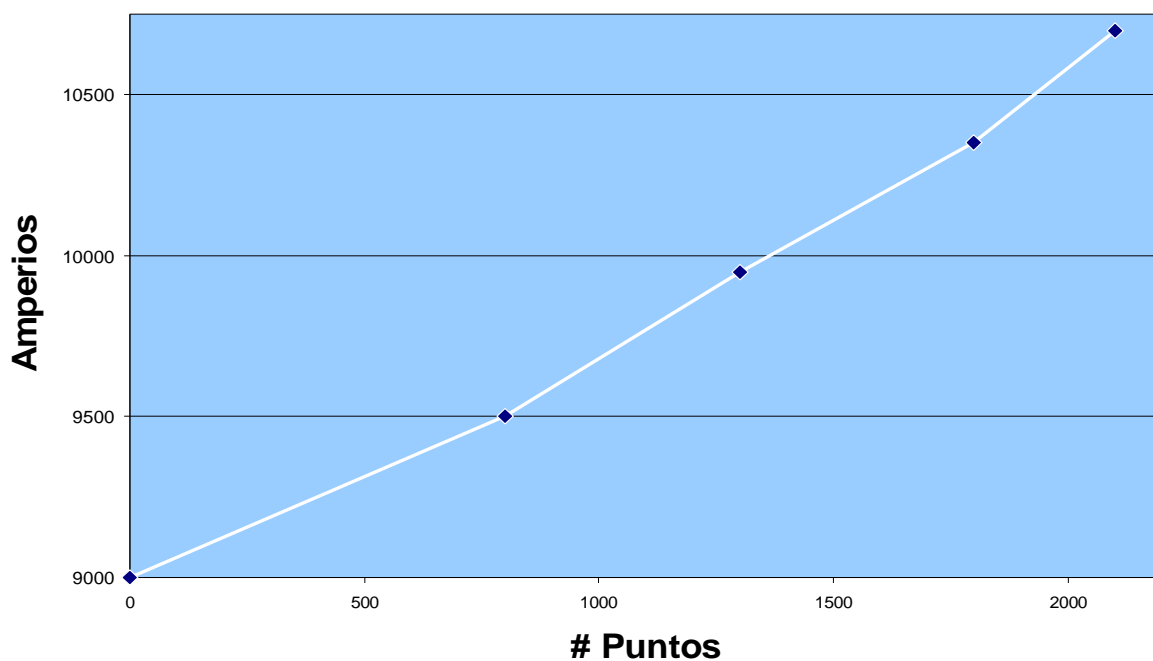


Figura 2.5 Gráfica de un programa stepper.

En la figura 2.5 se puede visualizar gráficamente un programa stepper con los siguientes datos:

	#puntos	I (A)	
step 0	0	9000	I0
step 1	800	9500	I1
step 2	1300	9950	I2
step 3	1800	10350	I3
step 4	2100	10700	I4

Donde: $\text{step1} + \text{step2} + \text{step3} + \text{step4} = \text{pasos del programa stepper}$

$I1 + I2 + I3 + I4 = \text{sumatoria de incrementos de corriente}$

2100 = número total de soldaduras

10700 = Corriente final

La proporción del incremento de corriente es directamente proporcional al desgaste del cap, mientras más desgastado este el cap más corriente se necesitará para mantener la densidad de corriente y a su vez garantizar la calidad del punto de soldadura.

Los incrementos de corriente que se determinen en función de los puntos soldados formarán un programa stepper adecuado para cada tipo de material y junta a ser soldada.

La pérdida de presión en el proceso de soldadura por resistencia no es compensada por el programa stepper ya que este compensa corriente y no presión, es decir, el proceso de soldadura se mantiene aún cuando la presión no sea la ideal entre la superficie de los caps y el material a soldar teniendo en cuenta que los valores de dicha pérdida no afectan a la calidad del punto de soldadura, ya que si tenemos menor presión en las superficies de contacto de los electrodos se generan intersticios de aire entre los materiales, lo que produce un aumento de resistencia en la junta a soldarse y esto a su vez incrementa el calor generado según la Ley de Joule.

Entonces si $\downarrow P \Rightarrow \uparrow R \Rightarrow \uparrow Q$

Donde: P presión

R resistencia

Q Calor generado

Cuando un electrodo es desgastado totalmente y el efecto hongo se puede visualizar físicamente, entonces el programa stepper debe haber compensado la máxima corriente programada para contrarrestar el desgaste del electrodo, éste límite funciona con el sistema principal de control del equipo el cual emite una señal que indica la terminación del ciclo de trabajo con dicho programa. En éste momento se deben cambiar los caps por nuevos o fresados.

Un stepper debidamente programado mejora la calidad de la soldadura. La información que soporta cada programa es obtenida mediante ensayos destructivos y no destructivos de cada zona o subensamble de carrocerías.

El uso de programas stepper está sujeto a los siguientes requerimientos generales¹⁴:

- El número de pasos que integran el programa debe ser mayor que 1 ya que cada paso compensará un desgaste diferente.
- La compensación de corriente de cada paso debe ser mínimo igual o mayor al paso anterior ya que no se puede disminuir la corriente al aumentar el número de puntos soldados.

2.8 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PROGRAMACIÓN DE STEPPERS

La realización de programas steppers va de la mano con el funcionamiento adecuado del equipo de soldadura y el medio en el que se va a realizar la calibración del mismo, es de mucha importancia que cada uno de los sistemas que componen el equipo de soldadura sean previamente analizados y verificados.

Éste proyecto de titulación tiene como finalidad la programación de steppers en equipos críticos de la celda Aveo para lo cual los sistemas que se van a detallar son los que se manejan y utilizan en la Planta de Soldadura de GM-OBB S.A.

2.8.1 SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

Transformador.- La función del transformador es tomar electricidad de un voltaje alto y baja corriente de la fuente de alimentación principal y transformarla en electricidad de bajo voltaje y alta corriente adecuada para la soldadura. Lo cual se logra mediante el Transformador Obara PTB-150-406 de la figura 2.6



Figura 2.6 Transformador Obara .

MODELO	PTB-150-406
CAPACIDAD	150 KVA
VOLTAJE PRIMARIO	400 V
FRECUENCIA	60 Hz
VOLTAJE SECUNDARIO NO CARGADO	23,5 V
CORRIENTE EQUIVALENTE CONTÍNUA	4,500 A
DIMENSIONES EXTERIORES	Largo: 775mm
	Ancho: 284mm
	Espesor: 230mm
RADIO TRANSFORMACIÓN	17
PESO	132 Kg
ENFRIAMIENTO	4 l/min

Tabla 2.1 Datos técnicos Transformador Obara.

La tabla 2.1 muestra los datos técnicos de un Transformador Obara utilizado en los equipos críticos de soldadura Aveo en la Planta de GM-OBB S.A.

Cable Secundario.- Conocido generalmente como Kickless Cable su función principal es transportar la corriente del transformador hacia la pistola con la menor pérdida posible. La figura 2.7 muestra los cables secundarios usados en GM-OBB S.A.

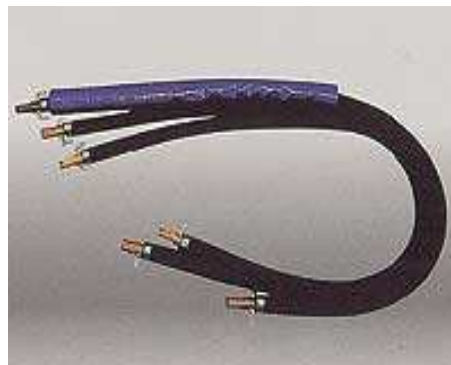


Figura 2.7 Kickless Cable.

Este tipo de cable debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Baja Impedancia
- Elevado Factor de Poder
- Excelente flexibilidad
- Alta conductividad en sus terminales

- No necesitar mayor diferencia de presión para su eficiente enfriamiento
- Ser de fácil recambio
- Alta durabilidad y bajo costo.

Estas necesidades son cumplidas por el Kickless Cable OBARA-6X 300 MCM con las siguientes especificaciones:

MODELO	OBARA 6X
IMPEDANCIA A 25°C, 60Hz	593 ± 15 $\mu\Omega$
RESISTENCIA (DC)	587 Ω
REACTANCIA	84 Ω
FACTOR DE PODER	0.99
ENFRIAMIENTO	7l/m
RANGO DE TEMPERATURA	45°C-5400A
PESO COLGANTE	2.8 Kg.
PESO TOTAL	12.2 Kg.
SECCIÓN TRANSVERSAL	300 MCM

Tabla 2.2 Especificaciones Cable Obara-6X 300MCM.

2.8.2 SISTEMA ELÉCTRICO DE CONTROL

Controlador de Soldadura.- Es el nervio central del equipo de soldadura su función principal como su nombre lo indica es controlar el proceso de soldadura mediante la compilación de los programas ingresados en el mismo.

Al poner en función los programas de soldadura este se encarga de manejar y controlar todos los sistemas directos que funcionan simultáneamente al realizar la soldadura.



Figura 2.8 Controlador de Soldadura Medar 3000 A.C..

La Celda de Soldadura Aveo cuenta con Controladores de Soldadura Medar 3000 A.C. Este controlador ofrece una arquitectura que integra el procesador de soldadura con un PLC Allen Bradley. El resultado es un equipo con gran flexibilidad para crecer y comunicarse. Dentro de sus capacidades las más importantes son:

- Manejo de hasta 99 programas de soldadura y stepper.
- Control de potencia en AVC y ACC
- Cálculo de C-Factor.
- Cálculo de Factor de potencia.

Requerimientos del sistema:

fundamentalmente dos suministros:

1. Agua para enfriar SCR's (Rectificador Controlado de Silicio) de potencia.
2. Voltaje de corriente alterna a 2 fases.

Agua:

- Máx. temperatura de entrada 40°C.
- Min. Temperatura de entrada 21°C o lo necesario para evitar condensación

- Máx. presión de entrada 90 PSI.
- pH entre 7.0 y 8.0
- Máx. cloruro 20 PPM.
- Máx. nitrato 10 PPM
- Máx. sulfato 100 PPM
- Máx. partículas sólidas 100 PPM.
- Máx. partículas sólidas suspendidas y disueltas 250 PPM
- Máx. carbonato de calcio 250 PPM.
- Resistividad mayor que 2000 ohms/cm

Energía:

- 480 VCA
- 2 FASES

Componentes Principales:



Figura 2.9 Componentes Principales Medar 3000 A.C..

- 1) Interruptor termomagnético
- 2) Transformador de control
- 3) Transformador de corriente
- 4) Tarjeta de disparo
- 5) SCR's (Rectificador Controlado de Silicio)
- 6) Chasis, PLC, Medar

Control CRS.- La necesidad de implementar los programas stepper en los equipos de soldadura críticos y los requerimientos del sistema QCOS fueron la base para la implementación de un sistema de control adicional de variables de soldadura denominado CRS (Control de Robots de Soldadura) diseñado exclusivamente por GM para todas sus plantas en la región LAAM Latino América, África y Medio Oriente.

Este es un sistema eléctrico que unido al controlador de soldadura controla el error proofing que es requerimiento del sistema QCOS, es decir, cumple las siguientes condiciones:

- Bloquea el equipo de soldadura al exceder el límite inferior o superior de presión de aire del sistema neumático.
- Bloquea el equipo de soldadura al exceder el límite inferior o superior de caudal de agua del sistema de enfriamiento.
- Bloquea el equipo de soldadura al existir una falla en el controlador, dependiendo de cómo se haya programado el equipo.
- Bloquea el equipo de soldadura al terminar el programa stepper de la pistola #1 o #2.
- Permite activar y desactivar el proceso de soldadura.
- Permite bloquear el equipo de forma directa y rápida cuando sea exista una emergencia.

La versatilidad de este control permite al operador de producción y mantenimiento tener una noción rápida del problema lo que mejora la capacidad de respuesta ante un problema por bloqueo del equipo de soldadura.

Físicamente se puede manejar el control desde una caja de mando junto al transformador del equipo de soldadura llamado caja CRS.

La gráfica 2.10 detalla la Caja CRS con cada uno de sus indicadores y pulsantes luminosos:

- 1) Indicador luminoso azul de control de presión de aire en línea
- 2) Indicador luminoso verde de control de caudal de agua en línea
- 3) Pulsante luminoso rojo para reseteo de averías
- 4) Selector de perilla para activación y desactivación de soldadura
- 5) Pulsante luminoso blanco para reseteo de stepper en pistola #1
- 6) Pulsante luminoso blanco para reseteo de stepper en pistola #2 y,
- 7) Pulsante rojo para emergencia (Paro de emergencia).



Figura 2.10 Caja de Control CRS.

2.8.3 SISTEMA MECÁNICO

El sistema mecánico de un equipo de soldadura está compuesto las pistolas de soldadura portables estas a su vez son dotadas de movimiento y accionadas por un sistema neumático.

A continuación se va a detallar cada uno de los sistemas expuestos.

Pistolas de Soldadura Portables.- Estos equipos son diseñados de acuerdo a la zona de la carrocería que van a soldar, sus dimensiones son variables de acuerdo al espesor a soldar ya que de este depende la presión de soldadura y es predominante la fácil manipulación de los mismos en la línea de producción.

El material del cual están construidas debe ser altamente conductor de la electricidad por lo que es usado el cobre electrolítico y el bronce además de poseer una resistencia mecánica considerable debido al desgaste al que son expuestas cada una de sus partes.

Por diseño en GM-OBB S.A. se clasifican las soldadoras portables en tipo c y tipo x la diferencia está en la dirección en que se cierran los brazos.

Soldadoras Portables Tipo C.- En este tipo de soldadoras el actuador neumático está colocado en dirección horizontal lo que hace que el cabezal móvil siga esta misma dirección⁷.

Las partes principales de una soldadora tipo C son:

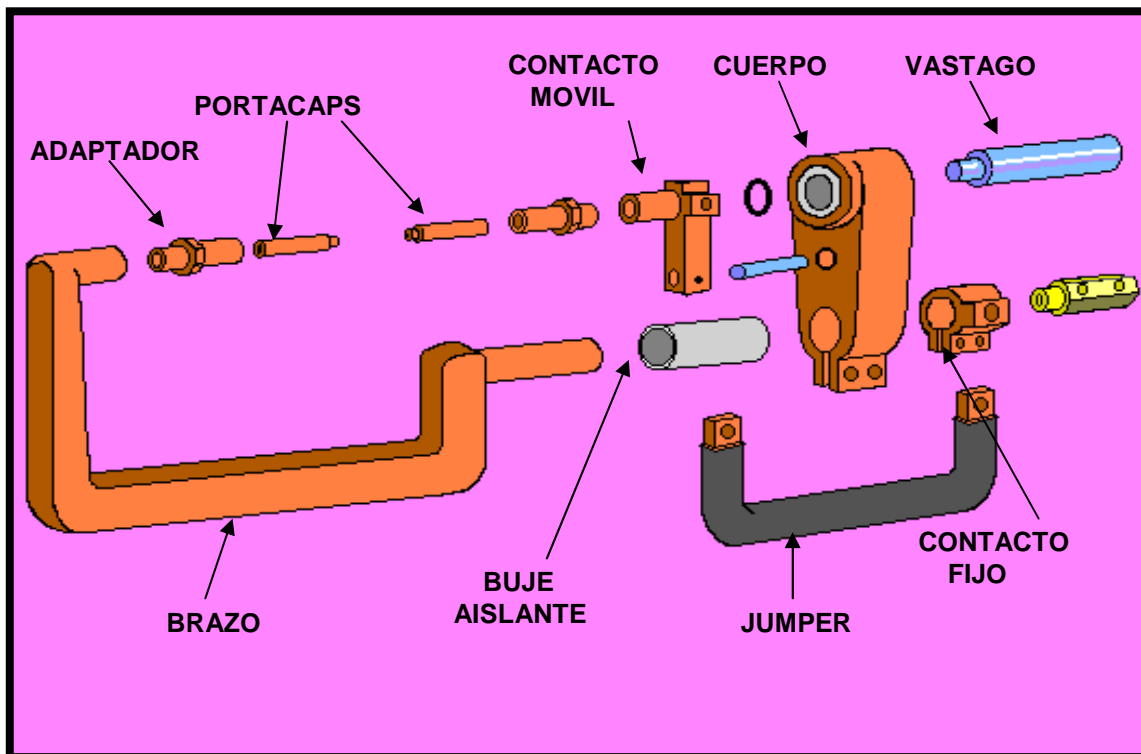


Figura 2.11 Despiece de una Soldadora Portable Tipo C.

Cuerpo: Acopla al cabezal móvil, adaptador y el portacap en su parte anterior y al cilindro neumático en la posterior, permite el pasaje de uno de los polos de corriente (+) a través del contacto fijo y el jumper.

Jumper: Conductor flexible de corriente; tiene la particularidad de refrigerarse por aire en el momento del paso de corriente.

Brazo: une al adaptador y su portacap en su parte anterior y soporta al contacto fijo en la posterior, permite el pasaje de de uno de los polos de corriente (-).

Bujes aislantes: Permiten una correcta aislación entre polos; su material de construcción es e teflón o micarta.

Soldadoras Portables Tipo X.- En este tipo de soldadoras el actuador neumático puede estar colocado de forma vertical u horizontal dependiendo del diseño pero la apertura o cierre de los brazos de la soldadora es siempre vertical⁷.

Las partes principales de una soldadora tipo X son:

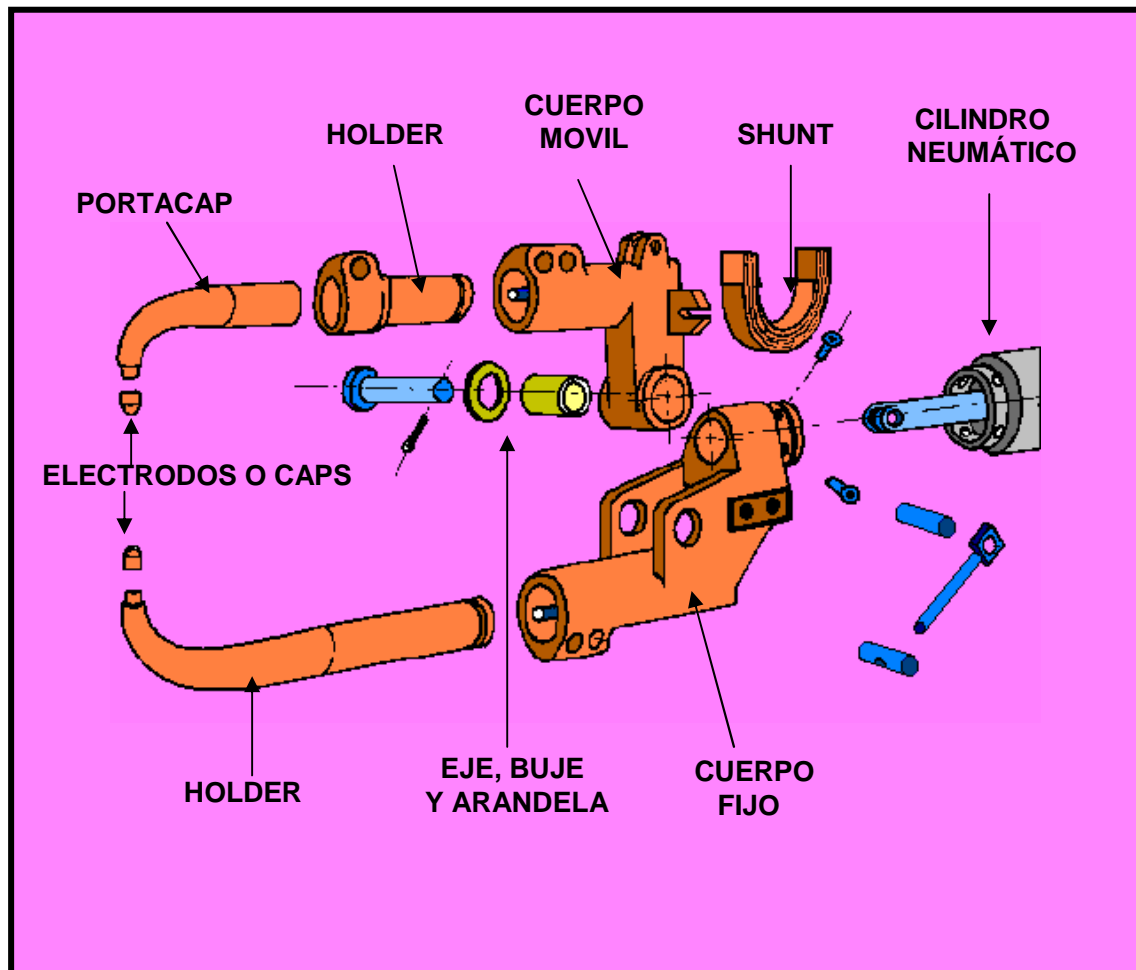


Figura 2.12 Despiece de una Soldadora Portable Tipo X.

Cuerpo fijo: Acopla al holder en su parte anterior y al cilindro neumático en la posterior, permite el pasaje de de uno de los polos de corriente (+).

Shunt: Conductor flexible de corriente; tiene la particularidad de refrigerarse por aire en el momento del paso de corriente.

Cuerpo móvil: une al holder recto y su portacap en su parte anterior y al shunt en la posterior, permite el pasaje de de uno de los polos de corriente (-).

Eje: Une al cuerpo fijo con el móvil, es de acero de alta resistencia y debe estar aislado perfectamente por arandelas y bujes; los cuales son de teflón o micarta.

Sistema neumático.- Este sistema es el complemento más importante para el funcionamiento de las soldadoras portables, está comprendido por los distribuidores, actuadores neumáticos de doble efecto y de doble efecto con retracción.

En GM-OBB S.A. La celda de soldadura Aveo y sus equipos de soldadura críticos por resistencia son proveídos por una línea constante de aire presurizada con 110 psi. lo que garantiza el normal funcionamiento de los equipos.

Al manejar equipos críticos de soldadura se debe garantizar la fuerza efectiva entre electrodos, al perder presión en la línea principal se varía la fuerza efectiva para lo cual como se indicó en el Capítulo I el sistema QCOS requiere el uso de sensores de presión para cada pistola en cual se setea el rango mínimo y máximo de operación de los equipos garantizando la calidad del proceso de soldadura.

En el sistema neumático de cada una de las soldadoras se utiliza un sensor de presión SMC como indica la figura 2.13 de las siguientes características:



Figura 2.13 Sensor de Presión SMC ISE 40.

MODELO	ISE 40
RANGO DE PRESIÓN	0.000-1.000 Mpa
APRECIACIÓN	0.001 Mpa o 0.1psi.
VOLTAJE DE ENTRADA	12 a 24 VDC.
CONSUMO (I)	< 55mA
FLUIDO	Aire
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	0 a 50°C
PESO	Aprox. 60g

Tabla 2.3 Datos técnicos Sensor SMC ISE 40.

Tratamiento del aire.- El sistema de tuberías que alimenta los equipos con aire comprimido posee agua condensada, residuos de oxidación, polvo y demás partículas sólidas es necesario detener tales impurezas antes de su ingreso al sistema neumático en cuestión; esa es la función del filtro de aire.

Siempre existen fluctuaciones en la presión de aire de la red y debe asegurarse una presión constante de trabajo para compensar esto se debe regular el aire entrante.

Finalmente se efectúa la incorporación de aceite al aire mediante un lubricador. El conjunto de estos tres elementos recibe el nombre de unidad de mantenimiento autónomo.

Los F.R.L. Cumplen la función de:

Filtrar: El aire antes de su ingreso al sistema.

Regular: Mediante el manómetro correspondiente al fluido.

Lubricar: Mediante regulación de goteo el aceite ingresa al sistema.

Los equipos de soldadura por resistencia críticos de la Celda Aveo de GM-OBB S.A. cuentan con una FRL para cada sistema neumático de las soldadoras en el cual el filtro y el regulador funcionan normalmente no así el lubricante ya que este se encuentra intencionalmente suspendido, los cilindros neumáticos de las soldadoras son autolubricados. El departamento de Mantenimiento Sueldas los mantiene en las unidades de mantenimiento para usos extremos en caso de atascamiento del émbolo de los cilindros.

La automatización neumática es la que se realiza usando las propiedades del aire comprimido. Las señales deben traducirse a ausencia o presencia de presión neumática. El tratamiento de las señales es realizado por los distribuidores neumáticos. Las señales de salida son, generalmente, posiciones de cilindros neumáticos.

Cilindros Neumáticos.- Los cilindros neumáticos son, por regla general, los elementos que realizan el trabajo. Su función es la de transformar la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

Cilindros de doble efecto.- En estos cilindros tanto el movimiento de salida como el de entrada son debidos al aire comprimido, es decir, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro, de esta forma puede realizar trabajo en los dos sentidos de movimiento.

Avance.- Al aplicar aire a presión en la cámara posterior (A) y comunicar la cámara anterior con la atmósfera (B) a través de una electroválvula, el cilindro realiza la carrera de avance⁷ como se ve en la figura 2.14.

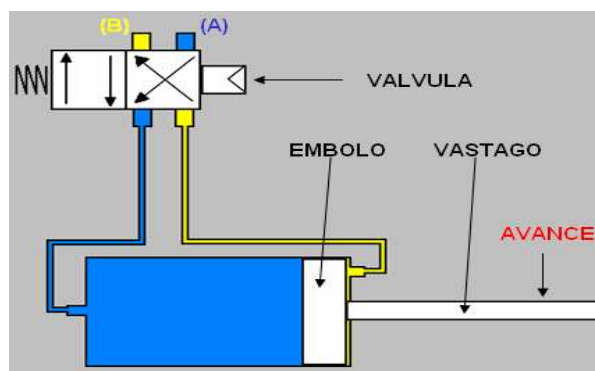


Figura 2.14 Avance de un cilindro de doble efecto.

Retroceso.- La carrera de retroceso se efectúa introduciendo aire a presión en la cámara anterior (A) y comunicando la cámara posterior (B) con la atmósfera, igualmente a través de la electroválvula para la evacuación del aire contenido en esa cámara del cilindro⁷ como se ve en la figura 2.15.

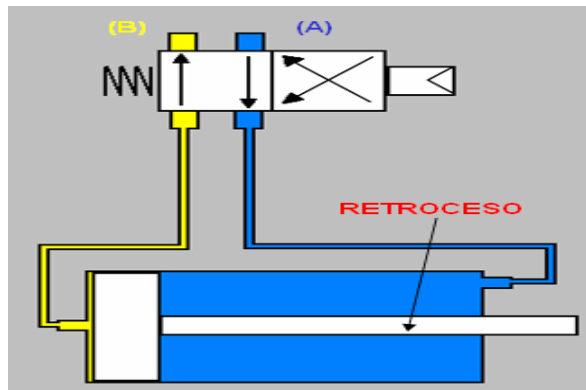


Figura 2.15 Retroceso de un cilindro de doble efecto.

Normalmente las soldadoras en posición de reposo se encuentran con el émbolo en retroceso, como la figura nos muestra, y es debido a que debe existir en las pinzas una apertura entre electrodos para poder realizar el trabajo de soldadura.

Cilindros de doble efecto con retracción.- En este tipo de cilindros se usa el mismo principio que en los anteriores, físicamente se podría decir que en este caso se tiene un cilindro de doble efecto dentro de otro cilindro.

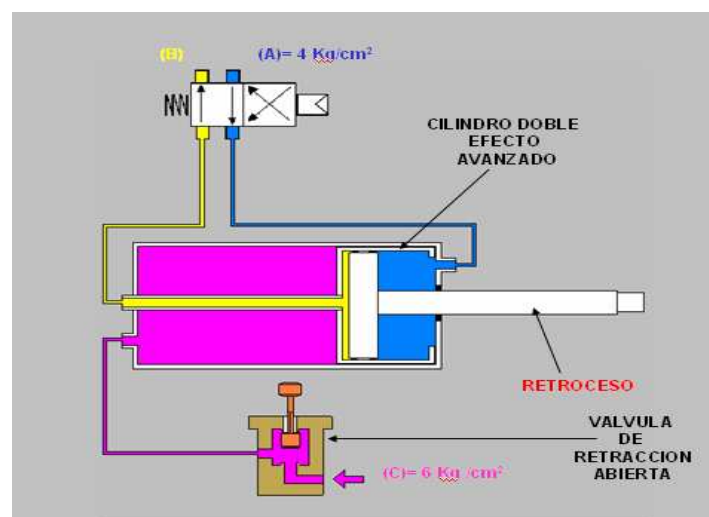


Figura 2.16 Avance de un cilindro de doble efecto con retracción.

Donde (A) y (B) seguirán actuando como anteriormente se describió y ahora (C) será la presión que mantendrá el cilindro de doble efecto avanzado⁷.

Para lo cuál:

$$(C) > (A)$$

Como vemos la válvula manual de la retracción en posición de reposo deja pasar fluido a presión en el orden de los 6 Kg /cm² y la electroválvula a 4 Kg/cm².

La retracción se logra al retirar, mediante el cierre de la válvula manual, todo el aire ingresado para retraer el cilindro de doble efecto (escape).

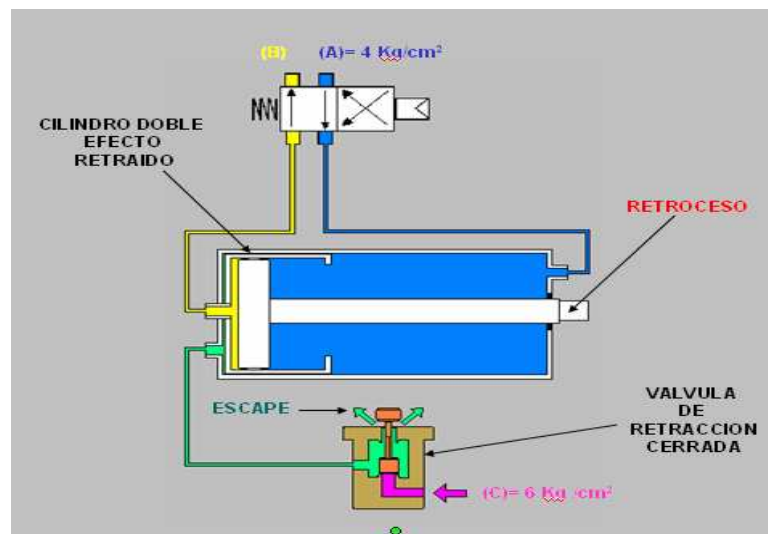


Figura 2.17 Retroceso de un cilindro de doble efecto con retracción.

La función principal de la retracción es entonces lograr la apertura del cilindro de doble efecto y por consiguiente mayor distancia entre electrodos.

Esta diferencia de apertura permite tener un mayor campo de acción a la hora de soldar piezas grandes o de difícil acceso.

2.8.4 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

El calor generado en los equipos de soldadura por resistencia es causado por la pérdida de energía en el circuito eléctrico. Los recursos de la más grande generación de calor son: los electrodos, los brazos, los cables secundarios y los transformadores⁸.

El calor producido en los equipos depende de los siguientes ítems:

Primero, la cantidad de corriente eléctrica que fluye a través del circuito eléctrico. Si la corriente se duplica, el calor generado se incrementará cuatro veces según la Ley de Joule⁷.

Segundo, la oposición al flujo de la corriente eléctrica (resistencia a la corriente). Si la resistencia se duplica el calor generado se duplicará según la ley de Joule⁷.

Tercero, el calor generado dependerá directamente sobre el tiempo que la corriente eléctrica fluya según la Ley de joule⁷.

Entonces de los párrafos anteriores se puede analizar que el calor generado en el proceso de soldadura está realmente centrado en la corriente. El calor es generado solo cuando la corriente eléctrica fluye en el circuito, además es importante que el tiempo de soldadura y la corriente programada en el controlador sean mantenidos al mínimo requerido para producir una soldadura de calidad.

El fenómeno del calor en el cobre no es fácil ni rápidamente disipado por lo que es necesario un sistema de refrigeración por agua.

La necesidad de enfriamiento en un equipo de soldadura es predominante. Sin un sistema de enfriamiento sería imposible crear una máquina compacta y portable. Los cables del sistema eléctrico, los electrodos, los brazos y el transformador deberían tener una sección transversal relativamente grande, lo que produciría que la energía del calor producida en los conductores sea relativamente pequeña.

La vida útil de un electrodo sería demasiado corta sin enfriamiento por agua este fácilmente se desgastaría y generaría el efecto hongo demasiado rápido, lo cual conduciría al fresado sucesivo a intervalos pequeños de puntos o en su defecto al cambio de los mismos.

El enfriamiento eficiente de los electrodos debe ser proveído y mantenido para obtener la máxima resistencia mecánica y alta conductividad térmica y eléctrica.

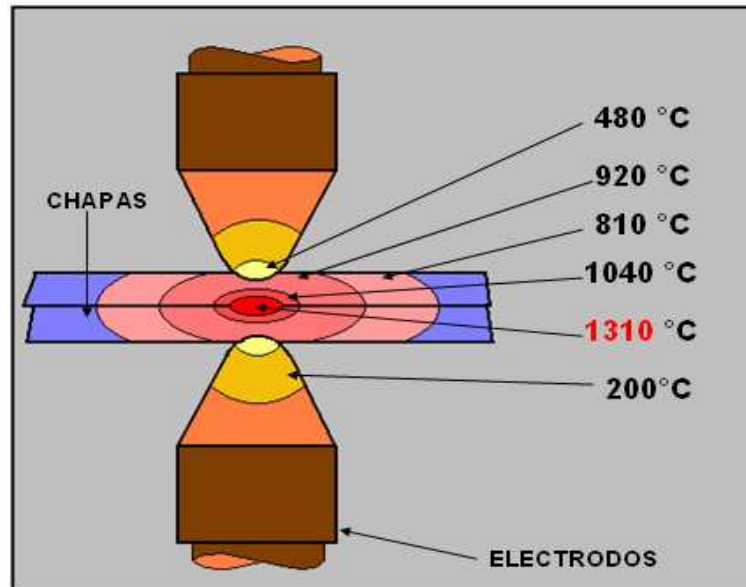


Figura 2.18 Calor generado por la resistencia al paso de corriente.

2.8.4.1 EFECTOS DE LA PÉRDIDA DEL ENFRIAMIENTO

La vida útil de los consumibles del equipo se reduce rápidamente por un enfriamiento no adecuado.

Si el cable secundario o Kickless cable no es enfriado adecuadamente la temperatura de operación aumenta, esto genera incremento de la resistencia eléctrica en consecuencia el cable necesitará mayor corriente para lograr el calor inicial en el punto de soldadura⁹. Al realizar tal incremento de corriente el desgaste del cable es inevitable y por las altas temperaturas el aislamiento interno se destruye y el cable falla.

2.8.4.2 FACTORES QUE AFECTAN EL ENFRIAMIENTO

La efectividad del sistema de enfriamiento se obtiene mediante el suficiente fluido del agua, es decir, el caudal en galones por minuto (GPM) y la baja

temperatura del agua de ingreso al sistema que disipa el calor del punto de soldadura de una manera rápida y eficiente⁵.

El agua debe fluir a través de todas las partes del sistema de enfriamiento sin ninguna restricción, en suficiente cantidad para ser efectiva.

En GM-OBB S.A. se utiliza un sensor de caudal a la salida del sistema de enfriamiento de cada equipo de soldadura el cual indica de forma rápida y exacta el caudal que esta enfriando el mismo como indica la figura 2.19. Se debe tomar en cuenta que un manómetro de presión no indica el flujo en la línea ya que este podría indicar una presión ideal sin tener fluido de agua en el sistema.



Figura 2.19 Sensor de caudal SMC.

La tabla 2.4 indica las especificaciones técnicas del sensor de caudal utilizado en los equipos críticos de la celda Aveo.

MODELO	PF2W 740
FLUIDO A MEDIR	Agua
RANGO DE FLUIDO	3.5 to 45l/min
RANGO DE PROGRAMACIÓN	3.5 to 45l/min .
SETEO MÍNIMO	0.5l/min
TEMPERATURA DE FLUIDO	0 A 50°C
CONSUMO (I)	70mA.
PESO	Aprox. 700g

Tabla 2.4 Datos técnicos Sensor SMC PF2W 740

Se debe tomar en cuenta que una caída de presión o diferencial de presión en el sistema de enfriamiento indica que el agua está fluyendo, si el sistema está

libre de obstrucción. Bajo éstas condiciones, mientras mayor sea el diferencial de presión en la línea más GPM están fluyendo por la misma.

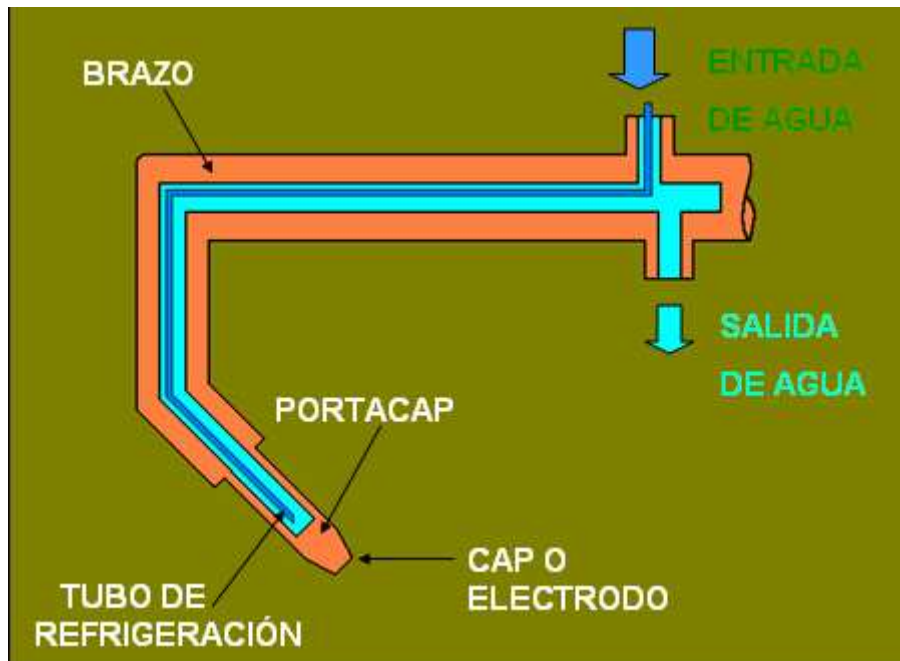


Figura 2.20 Esquema de enfriamiento.

La refrigeración es un circuito continuo de circulación de agua a presión y temperatura controladas.

Este sistema evita que los electrodos, portacaps y brazos no pierdan las propiedades eléctricas y mecánicas debido a las altas temperaturas que se requieren para soldar (aprox. 1300°C).

De no ser así la conductividad disminuye, y las propiedades mecánicas se ven afectadas con la consecuente deformación del electrodo.

Como se ve en la figura 2.20 existen **SALIDAS** y **ENTRADAS** de agua las cuáles poseen colores normalizados en GM-OBB S.A. para su rápido reconocimiento.

En GM-OBB S.A. la presión de entrada es de 55 a 60 PSI., la de salida está entre 10 a 15 PSI. A un caudal de agua a la salida del sistema de enfriamiento

del equipo de soldadura de 4 a 5 GPM. por debajo de este valor se produce un estancamiento de la salida y hasta una regresión del flujo en el sistema.

La temperatura del agua en la entrada es de de 8°C a 20°C, a esta temperatura se arrastra la menor suciedad que se deposita sobre el electrodo, obteniendo una calidad constante del núcleo soldado y una conservación relativa de la protección en superficies protegidas con galvanizado, galvanneal, etc.

El enfriamiento de los electrodos o caps está directamente relacionado con la distancia de la base del cap al tubo de enfriamiento como se puede ver en los siguientes casos⁷:

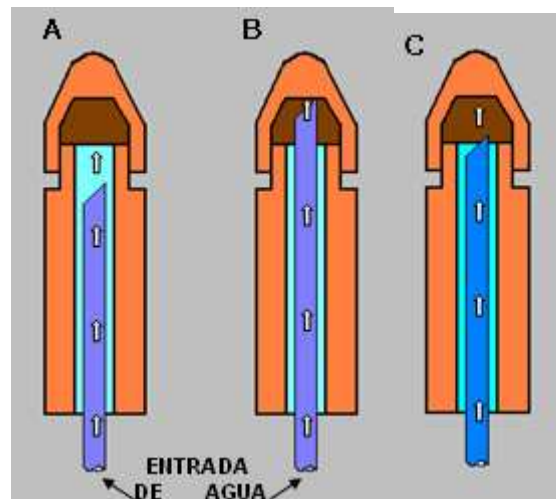


Figura 2.21 Enfriamiento de caps.

A) Tubo muy corto.- Este caso dificulta una buena refrigeración en la base del electrodo debido a que la presión que llega a dicha zona no es la adecuada. Además de crear turbulencia entre la base del cap y el fin del tubo de enfriamiento.

B) Tubo muy largo.- Esto puede causar que se funda el tubo de refrigeración debido al calor emanado por el electrodo impidiendo así la libre circulación de agua. Cada vez que se cambien los electrodos se debe observar el estado del tubo.

B) Tubo adecuado.- La medida recomendada para una efectiva refrigeración es de 1/4" desde la base del electrodo. Esta condición permite que el agua pueda enfriar y retornar fácilmente.

La circulación del agua en el sistema de enfriamiento no debe tener derivaciones, es decir, una entrada esta destinada a enfriar un elemento determinado del equipo de soldadura¹¹. En GM-OBB S.A. las conexiones son realizadas de la siguiente manera:

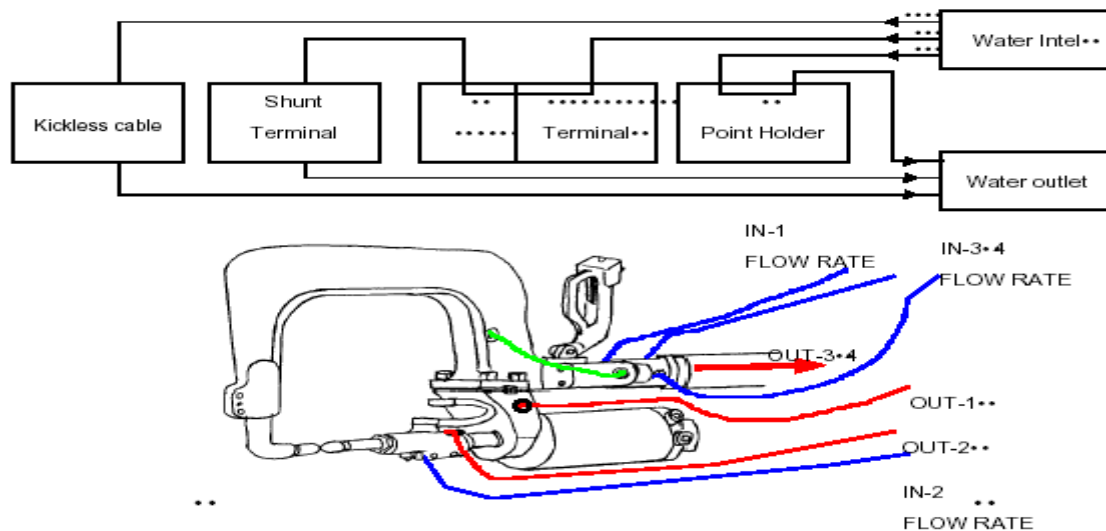


Figura 2.21 Estándar para una soldadora tipo C.

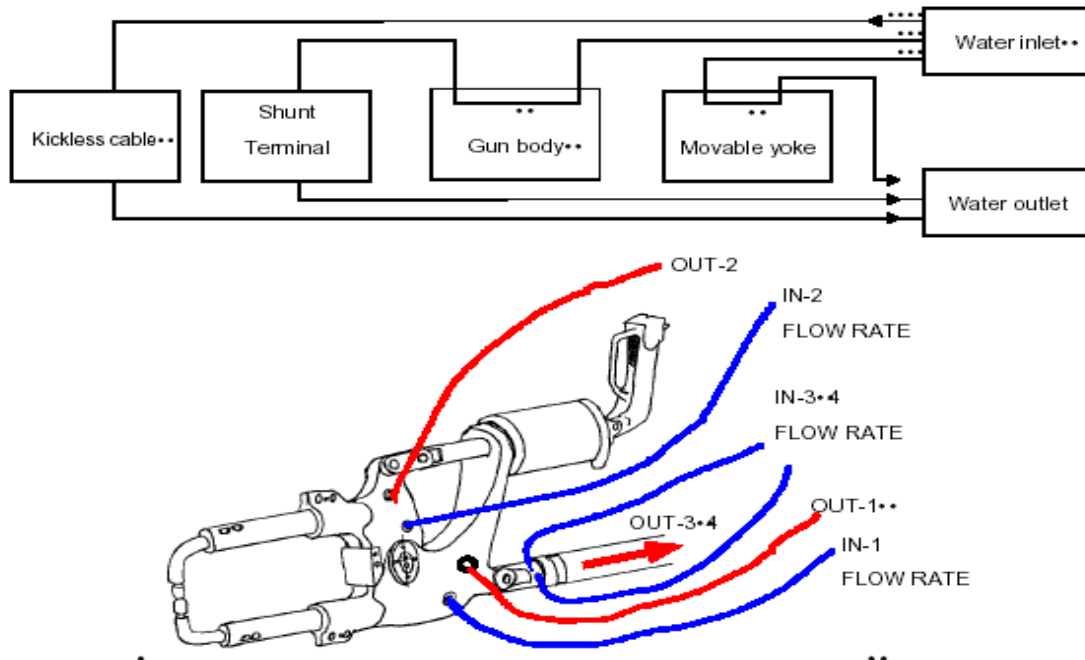


Figura 2.22 Estándar para una soldadora tipo X.

2.8.4.3 TRATAMIENTO QUÍMICO DEL AGUA EN GM-OBB S.A.

La operación de equipos de soldadura de resistencia y su mantenimiento adecuado son parte primordial para garantizar el efectivo rendimiento de los equipos lo cual mantiene la confiabilidad de la planta y el proceso.

Los equipos de soldadura por resistencia tienen dos factores insustituibles para su operación por una parte la energía eléctrica para el funcionamiento de sus sistemas y por otro lado el agua para la normal operación y enfriamiento de los mismos.

Como se ha tratado ya en este capítulo cada elemento tiene especificaciones de enfriamiento para su normal funcionamiento. Es responsabilidad del Departamento de Mantenimiento Central WFG dotar a la planta de sueldas con agua bajo estricto tratamiento químico que cumpla con los requerimiento de la tabla 2.5.

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RANGO
DUREZA	mg CaCO ₃ / litro	> 50 <500
ALCALINIDAD	mg CaCO ₃ / litro	>100 < 700
CLORUROS	mg / litro	< 600
PH	Unidades de pH	8.5 / 9.4
CONDUCTIVIDAD	µs	< 4000
SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg / litro	< 2640
HIERRO	mg / litro	< 3
SILICE	mg / litro	< 150
CICLOS DE CONCENTRACIÓN	CC	5
CONSUMO DE AGUA	m ³	<20
TEMPERATURA DE SALIDA	° C	<20
TEMPERATURA DE ENTRADA	° C	<25

CUPONES DE CORROSIÓN	MPY	Máx. 3 MPY
RESIDUAL DE PRODUCTO	mg / litro	80 / 120

Tabla 2.5 Parámetros de operación.

Los productos de la tabla 2.6 son utilizados para el tratamiento del agua utilizada en el sistema general de enfriamiento de la planta de soldadura.

PRODUCTOS	DESCRIPCIÓN	CONSUMO ESTIMADO (Kg)
NALCO 20245	PRODUCTO ANTIINCRUSTANTE Y ANTICORROSIVO	20
NALCO 2593	MICROBICIDA	15

Tabla 2.6 Productos para tratamiento de agua.

2.8.5 MATERIAL A SOLDARSE.

GM-OBB S.A. es conocida a nivel de GM como una planta CKD esto quiere decir que más de el 70% de los materiales para ensamblar un automotor son importados el otro 30% realizado mano de obra Ecuatoriana.

El material que se usa para el armaje de carrocerías Aveo desde paneles completos hasta las piezas para subensambles es importado al 100% desde el país de origen del modelo en este caso Korea.

Los paneles en su totalidad y piezas pequeñas que componen los subensambles son de acero suave comúnmente conocido, en grado SAE es el equivalente a los aceros de medio y bajo carbono como un acero SAE 1010 por ejemplo que es un acero con el 0.1% de Carbono. No son recomendables los aceros con más concentración de carbono debido a la soldabilidad de los mismos ya que mientras más alta sea la concentración de carbono más dureza tendrá el acero. Otra de la causales que tienen los industriales automotrices

para usar aceros de bajo carbono es la maleabilidad de los mismos ya que mientras menos piezas tenga una carrocería implica menos procesos de conformado y una carrocería más liviana. En las carrocerías Aveo por ejemplo: los laterales, los pisos, el techo están conformados por un solo panel.

La razón más importante del uso de aceros de bajo carbono en la industria automotriz es el costo de los mismos en comparación a un acero de mayor dureza o un acero especial.

En todos los aspectos un acero suave es predominante dentro del proceso productivo por soldadura debido al bajo consumo de energía, recursos e insumos para soldar los mismos.

2.8.5.1 ESPEORES, RECUBRIMIENTOS Y TIPOS DE JUNTA DE LOS MATERIALES A SOLDARSE.

GM-OBB S.A. se basa en la norma Resistance Spot Welding (WS-1A) para estudiar los espesores, recubrimientos y juntas a soldarse. (Remitirse al anexo H).

En este capítulo se va a tratar los ítems más importantes con relación a los mencionados factores que intervienen en la soldadura de resistencia aplicada en la cela Aveo.

Restricciones para la combinación de materiales¹⁷:

- 1.- La combinación de materiales no debe exceder los 6.0mm.
- 2.- La soldadura de cuatro o más piezas no está permitida.
- 3.- La soldadura de una pieza a cuatro o más previamente soldadas no está permitida.
- 4.- La falta de contacto entre metales a soldarse donde se exceda el 10% de la fuerza nominal no está permitido.

Espesores de materiales mínimos a usarse en la soldadura por resistencia:

RECUBRIMIENTO DEL METAL	ESPESOR NOMINAL MÍNIMO
Desnudo	0.65mm
Electro galvanizado	0.70mm
Galvanizado en caliente	0.75mm
Galvanneal	0.70mm

Tabla 2.7 Recubrimientos con sus espesores mínimos.

Los recubrimientos: Electro Galvanizado, Galvanneal, Galvanizado en caliente y Aleaciones de Zinc-Níquel deben estar por debajo de los 70 gramos por metro cuadrado¹⁷.

Niveles de severidad de recubrimientos superficiales para requerimientos de corriente:

FSC	DESCRIPCIÓN	NIVEL DE SEVERIDAD SEGÚN EL RECUBRIMIENTO
BB	Desnudo a Desnudo	1
BN	Desnudo a Galvanneal	2
BG	Desnudo a Galvanizado	3
NN	Galvanneal a Galvanneal	4
NG	Galvanneal a Galvanizado	5
GG	Galvanizado a Galvanizado	6

Tabla 2.8 Niveles de severidad según la combinación de recubrimientos.

Donde: FSC (Faying Surface Condition) Es la condición que existe en la interface (recubierto o desnudo) entre los aceros a ser soldados¹⁷.

La columna 3 de la tabla 2.8 nos indica el nivel para selección de la corriente requerida en la soldadura de los materiales con determinado recubrimiento. Así

pues si tenemos una combinación BB el nivel es 1, es decir, el mínimo ya que se trata de materiales sin recubrimiento donde la corriente de la soldadura solo debe fundir los metales. A diferencia del nivel 6 con la combinación GG donde la corriente de soldadura debe ser lo suficientemente alta para retirar el recubrimiento de los materiales y garantizar la soldadura de los mismos.

Esta tabla se usa cuando se tiene una combinación de materiales con diferentes tipos de recubrimientos en una junta soldada y se tiene la necesidad de conocer la corriente a ser usada en el proceso de soldadura.

Tipos de juntas presentes en la soldadura por resistencia:

La soldadura por resistencia es usada para juntar generalmente espesores delgados que van desde los 0.65mm a 3.5mm donde no son necesarios biseles ni juntas especiales de soldadura.

Las juntas nacen de la necesidad de soldar materiales con formas geométricas complicadas por el diseño estructural de las carrocerías.

Se pueden distinguir cuatro tipos principales de juntas¹⁷:

- 1) Traslapadas planas
- 2) Traslapadas con ángulo mayor a 90°

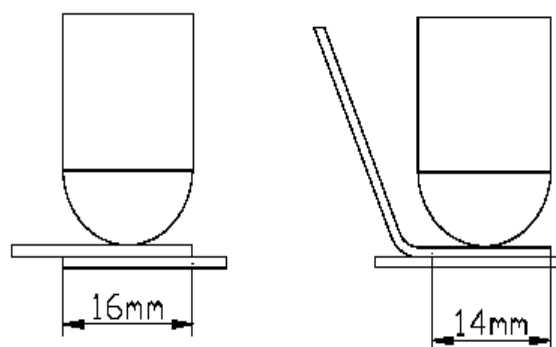


Figura 2.23 Juntas Traslapadas Tipo 1 y 2.

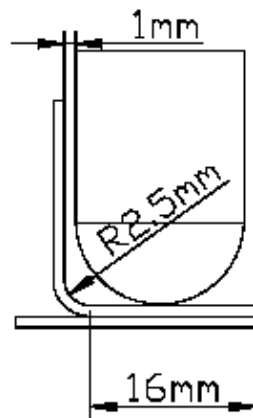
3) Traslapadas con ángulo de 90° 

Figura 2.24 Junta Traslapada Tipo 3.

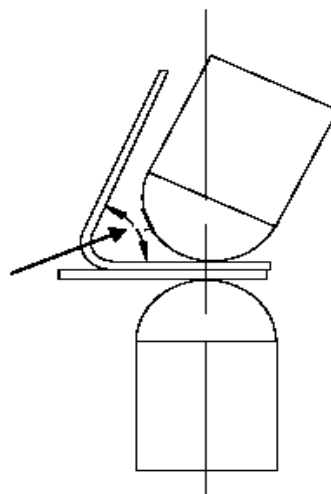
4) Traslapadas con ángulo menor a 90° 

Figura 2.25 Junta Traslapada Tipo 4.

En cada una de estas juntas la dificultad radica en el posicionamiento de la soldadora y el espacio existente para lograr la fusión de los materiales ya que existen electrodos o caps de diferente diámetro según las necesidades.

La tabla 2.9 indica las distancias mínimas para el posicionamiento de los electrodos dependiendo del Tipo a usarse en la junta a soldar.

ELECTRODO O CAP	TRASLAPE PLANO	TRASLAPE CON \angle MAYOR A 90°
Tipo I	13mm	11mm
Tipo II	16mm	14mm
Tipo III	18mm	16mm

Tabla 2.9 Distancias mínimas para posicionamiento de electrodos.

2.8.6 ELECTRODOS O CAPS.

Los electrodos son los componentes de la pistola que transmiten la corriente para soldar a la pieza de trabajo mientras se aplica la presión correcta para asegurarse que se logre una buena soldadura.

Los electrodos de soldadura de resistencia comúnmente se conocen en inglés como Tips o Caps.

La durabilidad de los electrodos es un factor importante en la soldadura de resistencia y esta depende y/o se ve afectada por varios factores como el material a soldar, el proceso de manufactura, la forma geométrica del electrodo, condiciones y métodos de soldadura.

2.8.6.1 MATERIAL DE LOS ELECTRODOS O CAPS.

La clase 2 de la Asociación Manufacturera en Soldadura de Resistencia (RWMA Resistance Welding Manufacture Association nombre en Inglés) es una aleación de cobre y cromo que contiene 0.8% de cromo y otros elementos¹². (Remitirse al anexo I).

Esta aleación es tratada térmicamente con propiedades superiores producidas por un tratamiento térmico de endurecimiento por precipitación.

El tratamiento térmico es ejecutado por un enfriamiento brusco de la superficie del metal fundido a 1000° C durante una hora, después enfriado en agua, y templado a 475°C por algunas horas y más tarde enfriado por agua o aire⁸.

La clase 2 de la RWMA posee una dureza extremadamente alta, es de buena conductividad eléctrica y térmica. Esta clase es excelente para usarse en electrodos de punteo y costura, usados para soldar láminas de material blandas. Además es usado para electrodos de soldadura en acero inoxidable, metal niquelado, bronce al silicio, hojas de zinc, plata alemana (níquel, cobre y zinc)⁸.

La aleación Cobre Cromo Zirconio es también de la clase 2, material designado por Obara como TOW 2Z. Este material tiene más estabilidad térmica que la clase simple 2, y muestra un poco de adherencia para soldar metales aún en el caso de acero galvanizado o recubierto. También puede ser usado en acero inoxidable y en la aleación de soldadura cobre-aluminio⁸.

El material "Glid Cop" conocido también como DHOM, es un metal oxidado endurecido dispersado, aleación de cobre-aluminio. Este material trabaja considerablemente bien en la reducción de electrodos adheridos sobre la cubierta del OZIC o Cobre Zirconio. En años recientes los recubrimientos de las superficies de placas de acero para automóviles se han diversificado. La aleación Cromo-Cobre es la más usada hoy en día, tiene excelente durabilidad y menos valores de adhesión. En contraste el DHOM tiene una alta corriente de adhesión, pero menor vida que el Cromo-Cobre⁸.

El OZIC tiene las ventajas del DHOM y el Cromo-Cobre, aunque algunas diferencias pueden existir dependiendo del trato de la superficie. Los valores de la corriente de adhesión del OZIC se comparan con el DHOM y es equivalente o superior a la durabilidad de los electrodos Cromo-Cobre. Por último el OZIC no tiene la desventaja del rompimiento que se presenta fácilmente en la cara del electrodo, en los electrodos del DHOM⁸.

2.8.6.2 CRITERIO PARA LA SELECCIÓN ELECTRODOS O CAPS.

Según la Norma Resistance Spot Welding (WS-1A) literal 4.3.7 (Remitirse al anexo H), se debe usar el mismo cap (tipo y tamaño) para ambos brazos de la soldadora el móvil y el estacionario. El uso de electrodos long-dome es recomendable sobre los electrodos short-dome o electrodos pointed. (Ej. Usar un MWZ-6006 en vez de un MWZ-6207 cuando sea posible) según tabla 2.10.

1.- Los electrodos de tamaño dos (16mm de diámetro) son recomendados para todas las aplicaciones de soldadura donde el espesor del material gobernante (GMT) es menor de 1.84mm para aceros de bajo carbón o 1.64mm para aceros altamente resistentes a la presión (HS).

2.- Los electrodos de tamaño tres (19mm de diámetro) son requeridos cuando:

- El GMT es mayor o igual a 1.85mm para aceros de bajo carbón o 1.64mm para aceros HS
- Cuando la fuerza y angularidad del electrodo exceda el límite permitido para los electrodos de Tamaño dos.

3.- Los electrodos de tamaño uno (13mm de diámetro) pueden ser también usados cuando se cumplan las dos siguientes condiciones:

- El GMT sea menor o igual a 1.44mm para aceros de bajo carbón o 1.23mm para aceros HS.
- Las aplicaciones tengan cargas térmicas menores a 2000A ECTC (Equivalent Continuous Termal Current).

En la tabla 2.7 se puede visualizar la clasificación de los electrodos de Tamaño uno, dos y tres con sus características geométricas y codificación dentro de las normas de GMC.

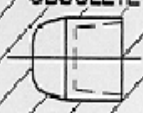


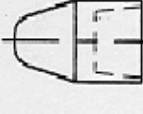
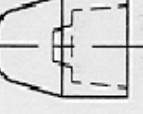
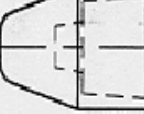


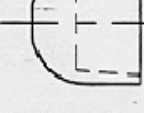

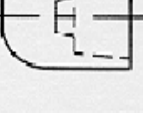




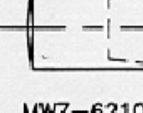
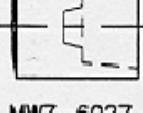

	SIZE #1(1/2" DIA.) USE WITH MW3-XXXXC ELECTRODE SHANK	SIZE #2(5/8" DIA.) USE WITH MW3-XXXXA ELECTRODE SHANK	SIZE #3(3/4" DIA.) USE WITH MW3-XXXXB ELECTRODE SHANK	
	OBSOLETE  MWZ-6185	OBSOLETE  MWZ-6183	OBSOLETE  MWZ-6184	SHORT POINTED REF. ONLY
	NOT FOR NEW CONSTRUCTION			
LONG POINTED APPLICATIONS	 MWZ-6484	 MWZ-6008	 MWZ-6146	LONG POINTED
SHORT DOME #1 WELD CAP APPLICATIONS	 MWZ-6208	 MWZ-6207	 MWZ-6209	SHORT DOME
LONG DOME MUST APPROVE ALL SIZE	 MWZ-6483	 MWZ-6006	 MWZ-6148	LONG DOME
SHORT RADIUS GROUP SPEC.	 MWZ-6211	 MWZ-6186	 MWZ-6186	SHORT RADIUS
LONG RADIUS NOTE: WELD SPEC. GROUP MUST APPROVE ALL SIZE	 MWZ-6210	 MWZ-6027	 MWZ-6149	LONG RADIUS

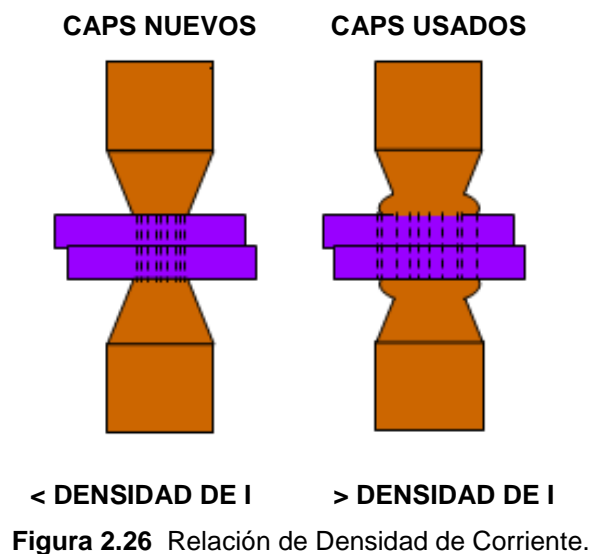
Tabla 2.10 Clasificación de electrodos por su diámetro.

2.8.6.3 DESGASTE DE LOS ELECTRODOS O CAPS.

Como se trató en el punto 2.7 de este capítulo el desgaste de los caps se refleja físicamente con el efecto hongo producido por altas temperaturas y presiones a las que los electrodos son sometidos en cada punto de soldadura. (Remitirse al anexo J).

La densidad de corriente es la variable que se desea mantener en intervalos de fluctuación aceptables en el tiempo mientras el electrodo se va desgastando, esto se logra con el incremento paulatino de corriente por cada punto soldado.

El objetivo primordial de mantener la densidad de corriente es que al lograr el control de esta variable se esta controlando el diámetro especificado del nugget de soldadura.



El gráfico de la figura 2.27 expone una variación de área de 0.9 veces entre los ejemplos.

El área nominal $\frac{1}{4}$ " es el ideal para que el pasaje de corriente sea efectivo. Por lo contrario al ser el área de contacto mayor a la nominal, la corriente (que es la misma en los tres casos) no logrará la temperatura deseada, es decir, pierde densidad de corriente y los puntos tienden a safarse⁷.

Cuando el área disminuya la tendencia será a estallar debido a ser demasiada la corriente circulante y obviamente la densidad de corriente el efecto será puntos perforados y pérdida de ambos electrodos⁷.

El mantenimiento del área nominal de trabajo es responsabilidad directa del operador; por lo cuál este deberá realizar varias inspecciones por jornada de trabajo.

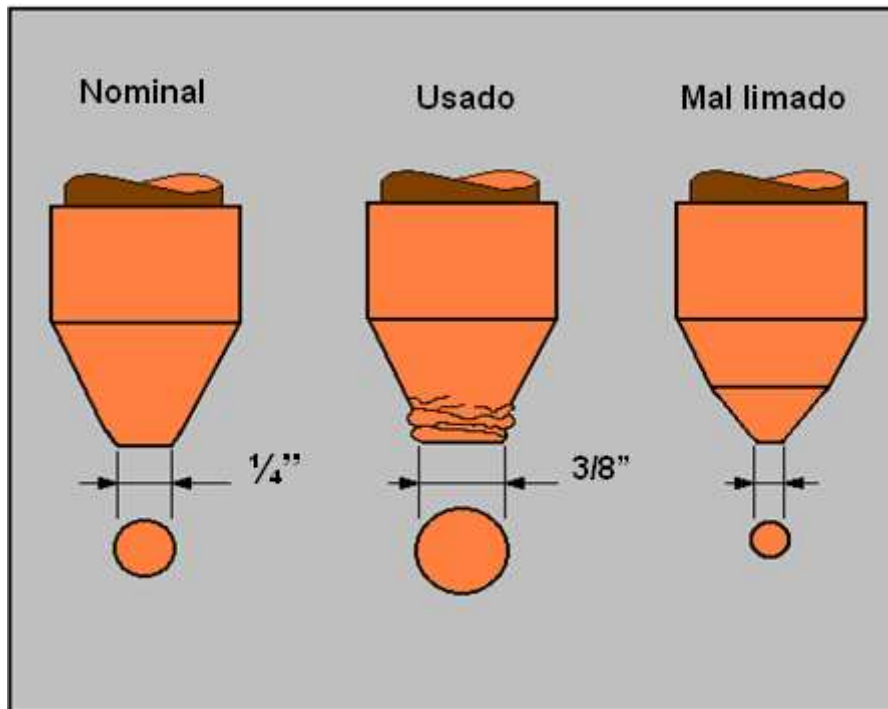


Figura 2.27 Relación de Desgaste con Corriente Constante.

En el presente capítulo se ha tratado de forma general la soldadura de resistencia y cada uno de los sistemas que componen un equipo de soldadura lo cual será de vital importancia para la continuación de esta tesis ya que en campo ayudará al entendimiento de cada una de las variables de soldadura.

En el siguiente capítulo se aplicarán las normas de GMC que rigen a GM-OBB S.A. para realizar el análisis de soldadura basándose en el comportamiento de cada uno de los sistemas que componen un equipo de soldadura.

En campo se realizarán los ensayos destructivos y no destructivos que serán de suma importancia para el establecimiento de un programa stepper para cada proceso de soldadura crítico que contribuirá a mantener la densidad de corriente dentro de un intervalo aceptable y por ende garantizará la calidad del punto de soldadura.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE FACTORES DE PROGRAMACIÓN STEPPERS EN EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS DE LA CELDA AVEO

En el presente capítulo se describirá los procedimientos a seguir para la recolección de datos que influirán en la programación de steppers, los procedimientos de control del proceso de soldadura y se desarrollará el análisis de soldadura para los equipos críticos por calidad de la celda Aveo basándose en las normas corporativas de General Motors Corporation que rigen a GM-OBB S.A.

3.1 NORMALIZACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA.

La normalización del proceso de soldadura consiste en verificar que los equipos críticos por calidad de celda Aveo hayan sido validados de forma adecuada en su calibración inicial y estén dentro de parámetros de funcionamiento corporativos lo cual es necesario para aplicar las normas correspondientes. La particularidad de este procedimiento es que se tiene que adaptar las normas corporativas al ambiente de funcionamiento de los equipos de soldadura críticos de GM-OBB S.A. Para la elaboración del análisis de factores que intervienen en el stepper se utilizarán donde aplique las siguientes normas (Remitirse a Anexo K):

- Automotive Resistance Spot Welds Steel GM4488M
- Welding Process Control Procedure GM9621P

Los procedimientos de la verificación deben estar de acuerdo con (Remitirse a Anexo H):

- NA Weld Verification Procedures Resistance Spot WeldingWS-1A
- NA Weld Verification Procedures Resistance Spot WeldingWS-4A
- NA Weld Verification Procedures Resistance Spot WeldingWS-5A

3.2 REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS.

La criticidad de la soldadura por resistencia mediante el sistema QCOS exige que el mantenimiento de los equipos críticos sea diferente en frecuencia al de un equipo normal. El Departamento de Mantenimiento Sueldas de GM-OBB S.A. creó procedimientos estandarizados de mantenimiento para sueldas de punto.

Estos procedimientos dentro del mantenimiento están designados de la siguiente manera:

- Procedimiento estandarizado de mantenimiento 1
- Procedimientos estandarizados de mantenimiento 2A mecánico, 2B eléctrico y 2C hidráulico.
- Procedimiento estandarizado de mantenimiento 3.

En el Anexo L se detallan los procedimientos de mantenimiento.

Se debe tomar en cuenta para la realización del análisis de soldadura de los procesos críticos que cada uno de los equipos de soldadura que intervienen en el mismo hayan tenido los mantenimientos descritos anteriormente debido a la necesidad de tener condiciones de trabajo ideales.

3.3 SELECCIÓN DE PROBETAS.

La información necesaria para la selección de las probetas a usar en la realización del análisis de soldadura tiene los siguientes requerimientos:

- Recubrimiento superficial de las probetas.
- Espesor de las probetas.
- Combinación de materiales a soldar.
- Identificación del Espesor del Material Gobernante EMG (GMT)

Governing Material Thickness en Inglés).

- Diámetro normalizado del nugget denominado como RND
- Espesor total de la junta soldada denominado en Inglés como Stack Up.

Esta información es entregada por el Departamento de Procesos al Departamento de Mantenimiento después de la validación de los equipos de soldadura.

La información descrita se encuentra en las hojas de parámetros de cada equipo denominada en Inglés como Weld Data Sheet (WDS). (Remitirse al anexo M)

Cada equipo de soldadura crítico de la celda Aveo tiene la WDS desplegada en la parte externa del controlador de soldadura.

3.4 PRUEBAS DESTRUCTIVAS POR DEFORMACIÓN EN PROBETAS.

La finalidad de la realización de estas pruebas destructivas es tomar la medida del nugget de soldadura generado con el proceso normal y el proceso con stepper con el propósito de diferenciar el tamaño de nugget en los dos casos.

Las pruebas destructivas por deformación son realizadas según la Norma GM4488M, el procedimiento WS-4A y procedimientos locales.

3.4.1 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

En GM-OBB S.A. se debe cumplir con los siguientes Absolutos de Seguridad:

- En GM-OBB S.A. la Seguridad esta por sobre todas las cosas
- En GM-OBB S.A. todo accidente e incidente puede y debe ser prevenido
- En GM-OBB S.A. la seguridad es una responsabilidad compartida y
- En GM-OBB S.A. la seguridad es un valor.

El recurso humano es lo más importante para la empresa por esta razón se deben usar los equipos de protección personal adecuados como indica la figura 3.1 en el lugar adecuado. Para la realización de este tipo de ensayos se debe cumplir con los siguientes requerimientos de seguridad:



Figura 3.1 Especialista de mantenimiento con EPP.

- Casco de seguridad ANSI Z89.1
- Gafas de seguridad ANSI Z87+
- Tapones Auditivos
- Guantes anticorte Hyflex o Kevlard
- Overol antiestático
- Zapatos industriales dieléctricos

3.4.2 EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Los equipos de medición son los que nos permiten comparar los parámetros programados con los parámetros medidos, en los equipos de soldadura tres parámetros son los medidos: corriente, fuerza y conductividad.

Las mediciones de corriente se realizan con el equipo MM-315A Portable Weld Tester²¹ de la figura 3.2.



Figura 3.2 Medidor de corriente MM-315A.

CORRIENTE DE SOLDADURA	Rango	1.0KA - 9.99KA; 5.0KA - 49.9KA (2 rangos)
	Valor	R.M.S. (Root-Means-Square) valor del período de medida
	Tolerancia	±2%
	Pulsos	0 - 9
	Iniciación	1 - 99 Ciclos
CICLOS DE SOLDADURA	Rango	Corriente AC 1 – 99 Ciclos Corriente DC 1 – 40 Ciclos
	Valor	Toda la corriente de soldadura
	Tolerancia	No tiene error en ciclos
MEMORIAS DE PULSOS DE SOLDADURA	Número de pulsos	Graba hasta 9 pulsos
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Peso	1.1 lb (500g)
	Dimensiones	6.7in x 2.9in x 1.2in (170mm x 75mm x 30mm)
	Consumo	Baterías recargables (10 horas continuas de operación)

Tabla 3.1 Especificaciones Técnicas Medidor de corriente MM-315A.

Las mediciones de fuerza se realizan con el Squeeze Analyser SQA2²² de la figura 3.3.

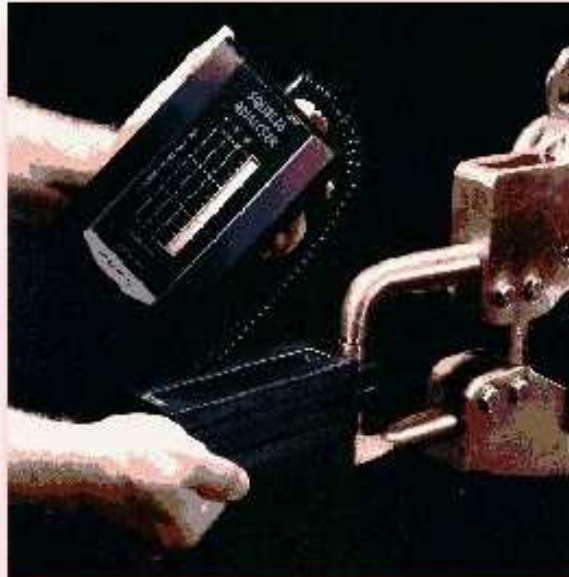


Figura 3.3 Medidor de fuerza SQA2.

RANGOS DE MEDIDA:	1. 100 - 250 lbf
	2. 200 - 500 lbf
	3. 400 - 1000 lbf
	4. 800 - 2000 lbf
TOLERANCIA	1. +/-5 lbf
	2. +/-10 lbf
	3. +/-20 lbf
	4. +/-40 lbf
PESO:	3.3 lb
DIMENSIONES:	6.3 x 4 x 2 in
BATERÍAS:	4 recargables AA Ni - Cd
ENTRADA DEL CARGADOR:	115V 50/60Hz
SALIDA DEL CARGADOR:	7VDC 75mA

Tabla 3.2 Especificaciones Técnicas Medidor de Fuerza SQ2A.

La medición de conductividad en los cables se realiza mediante el uso de un medidor de impedancia.

En la figura 3.4 se muestra el Impedance Master IM-9I de Roman Manufacturing²³.



Figura 3.4 Medidor de Impedancia IM-91.

ENTRADA:	120 VAC, 60 Hz 1 Fase, 1.00 A Max.
SALIDA:	60 Hz, 600 MilliVolts Max. Circuito Abierto 250 Amperes Max.
RANGO DE MEDIDA:	0 a 2500 Micro Ohms 60 Hz Impedancia
TOLERANCIA;	+/- 1%
CABLES DE MEDICIÓN:	6 Ft. #2 AWG Cable Extra Flexible
ADAPTADOR PARA MEDICIÓN:	Diseñado para la inserción entre electrodos
DIMENSIONES:	9" W. X 12" H. X 14" D.
PESO:	32 LBS

Tabla 3.3 Especificaciones Técnicas Medidor de Fuerza SQ2A.

Los nuggets de soldadura al realizar la prueba destructiva son medidos con un calibrador pie de rey vigesimal apreciación 0.05mm como el de la figura 3.5



Figura 3.5 Calibrador pie de rey vigesimal.

3.4.3 PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO.

Esta es la fase donde se destruyen las probetas tomadas de los equipos de soldadura críticos con la finalidad comprobar el diámetro del nugget especificado en las WDS y verificar la tendencia de dicho diámetro con el uso de programas stepper.

Son necesarias para el ensayo destructivo de probetas las siguientes herramientas:

- Cincel
- Volante para ejercer la deformación
- Martillo
- Entenalla
- Registro para toma de datos

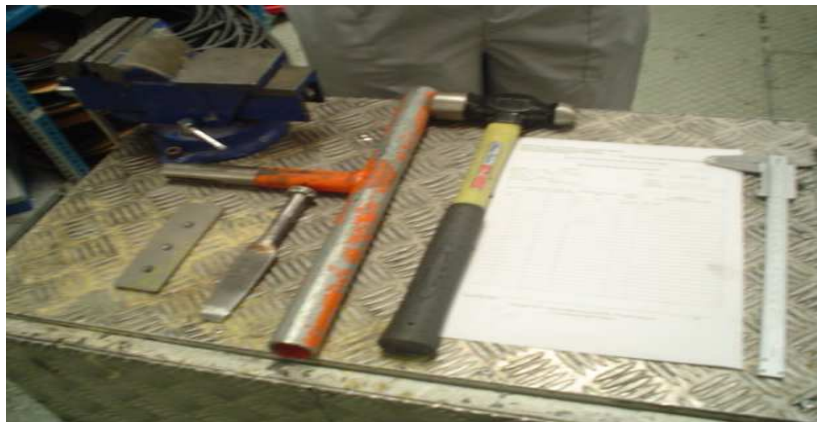


Figura 3.6 Herramientas para el ensayo.

Paso 1.- las probetas deben ser identificadas con el número de equipo, el número de puntos al que fue tomada y la combinación de materiales con sus respectivos espesores. La figura 3.7 indica una probeta con nomenclatura.

La nomenclatura debe ir en el lado que se tomó el primer punto ya que el tercero es el que se tiene que destruir.



Figura 3.7 Paso 1.

Paso 2.- la probeta a ensayar debe colocarse en la entenalla y mediante el uso del cincel y el martillo se debe separar el material gobernante del material más próximo como indica la figura 3.8.



Figura 3.8 Paso 2.

Paso 3.- colocar la probeta en la entenalla con el material gobernante en la mordaza y el material a destruir hacia arriba, colocar el volante en el mismo como indica la figura 3.9.



Figura 3.9 Paso 3.

Paso 4.- Girar el volante en sentido horario para desprender el material a ensayar del material gobernante como indica la figura 3.10.



Figura 3.10 Paso 4.

Paso 5.- tomar las medidas del diámetro mayor y diámetro menor del nugget con el calibrador como indica la figura 3.11.



Figura 3.11 Paso 5.

Paso 6.- Registrar los datos tomados para el posterior análisis de los mismos deben constar todos los ítems descritos en la figura 3-1 de procedimiento (WS-5A).

3.5 PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS DE CINCEL EN CARROCERÍAS.

Estas pruebas son no destructivas ya que se coloca el cincel entre dos puntos de soldadura para deformarlos plásticamente luego con el martillo se endereza la parte ensayada. Si los puntos se safan como indica la figura 3.11 y 3.12 se genera una discrepancia de calidad.

Las pruebas de cincel no destructivas son realizadas como indica el anexo A de este proyecto de titulación en cada junta específica soldada que indica la hoja QCOS de procesos de soldadura críticos (Remitirse al anexo E).

Estas pruebas de cincel son realizadas por los operarios en horarios específicos de cada turno.



Figura 3.12 Discrepancia de calidad en piso posterior.



Figura 3.13 Discrepancia de calidad en piso delantero.

3.6 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR Y DENSIDAD DE CORRIENTE EN EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS POR CALIDAD DE LA CELDA AVEO.

El procedimiento para evaluar la vida útil de un caps de soldadura, está designada por el estándar WS-5A y otros estudios realizados en líneas de producción. “These papers are Electrode Wear Characterization In Resistance Spot welding”. M. L Gallagher, K. S. B Athwal, y R. J. Bowers. University of Windsor. May 2004; “Resistance Spot Welding Electrode Wear On Galvannealed Steels”. Feng Lu, Calving L. White, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Michigan Technology University; Menachem Kimchi, Edinson Welding Institute. September 1997.

Se divide la carrocería del vehículo en zonas y en este orden se realizan las pruebas con las pistolas de soldadura de los equipos. Las prueba se hacen con un solo valor de corriente para cada pistola el mismo que está detallado en la hoja de parámetros (WDS).

La división con la que se trabajará es la siguiente:

- Sección 1 Piso Delantero
- Sección 2 Piso Posterior Paso 1
- Sección 3 Piso Posterior Paso 2
- Sección 4 Remate Under Body
- Sección 5 Bóvedas Traseras

Las medidas se toman en intervalos delimitados por la cantidad de puntos en el subensamblaje de la carrocería. Estas medidas son tomadas en impresiones de los caps en papel carbón y prueba destructiva de cincel en los subensamblajes según se encuentra establecido en el procedimiento WS-5A.

El criterio de la vida de los caps se encuentran en la WS-5A y el procedimiento GM 4488. Sin embargo en la línea de producción se necesita otras

consideraciones para garantizar el diámetro y calidad mínima del botón de soldadura y su apariencia. Las operaciones manuales implican algunos factores que hacen variar al botón de soldadura. Por tanto el cap se debe cambiar cuando el botón de soldadura se encuentre en las siguientes condiciones:

- 0.5-1.0mm del diámetro mínimo especificado
- El punto de soldadura posea mal aspecto (blanco en el centro).
- Cuando la impresión en el papel carbón sobrepase de los 10mm de diámetro.

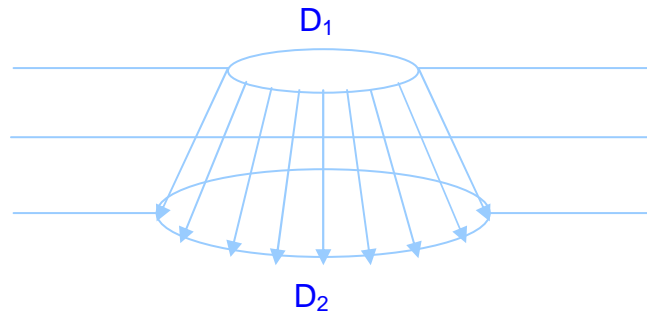
3.6.1 CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE CORRIENTE.

Para reportar un valor de densidad de corriente se tiene que considerar que ambos caps tanto el estacionario como el móvil sean los mismos y que estén correctamente alineados para evitar pérdidas de corriente, se debe verificar además que la superficie que va a estar en contacto con el material este libre de partículas sólidas como limallas, polvo o líquidas viscosas como el aceite. El equilibrio de calor tiene cambios a través del área debido a la diferencia geométrica. Donde mayor sea el área menor será el calor.

Entonces las líneas de corriente de toda la sección del conductor transversal, forman un cono truncado con una proyección donde el área más pequeña tiene mayor densidad de corriente.

El valor de la densidad de corriente usando un radio equivalente al de un cilindro que tenga el mismo volumen del cono sería¹⁹:

$$\text{Volumen del cono truncado } V_{ct} = \frac{\pi \times L}{3} \times \left(\frac{D_2^3}{4 \times (D_2 - D_1)} - \frac{D_1^2}{4} \times \left(\frac{D_2}{(D_2 - D_1)} - 1 \right) \right)$$



Volumen equivalente de un cilindro $V_{eq} = \frac{\pi \times L}{3} \times R_{eq}^2$

Entonces $V_{ct} = V_{eq}$ $R_{eq} = \sqrt{\left(\frac{D_2^3 - D_1^3}{4 \times (D_2 - D_1)}\right)}$

Densidad de corriente en el interfaz de las hojas (aproximadamente)

$$\text{Densidad} = \frac{I}{\pi \times R_{eq}^2}$$

3.6.2 DENSIDAD DE CORRIENTE Y PERDIDAS DE CALOR

El calor generado por unidad de área durante el proceso de soldadura es proporcional al cuadrado de la densidad de corriente. Si dividimos la ecuación del calor por área y cambiamos la resistencia por su ecuación¹⁹:

$$q = I^2 \times R \times t \quad \text{y} \quad R = \frac{\rho \times L}{A}$$

donde $\frac{q}{A} = \frac{I^2}{A} \times \frac{\rho \times L}{A} \times t$ o $\frac{q}{A} = \left(\frac{I}{A}\right)^2 \times \rho \times L \times t$

Si se modela la resistencia de la constricción o encogimiento con una porción del área total

$$R = \frac{\rho \times L}{KA}$$

Calor generado por unidad de área vs Densidad de corriente

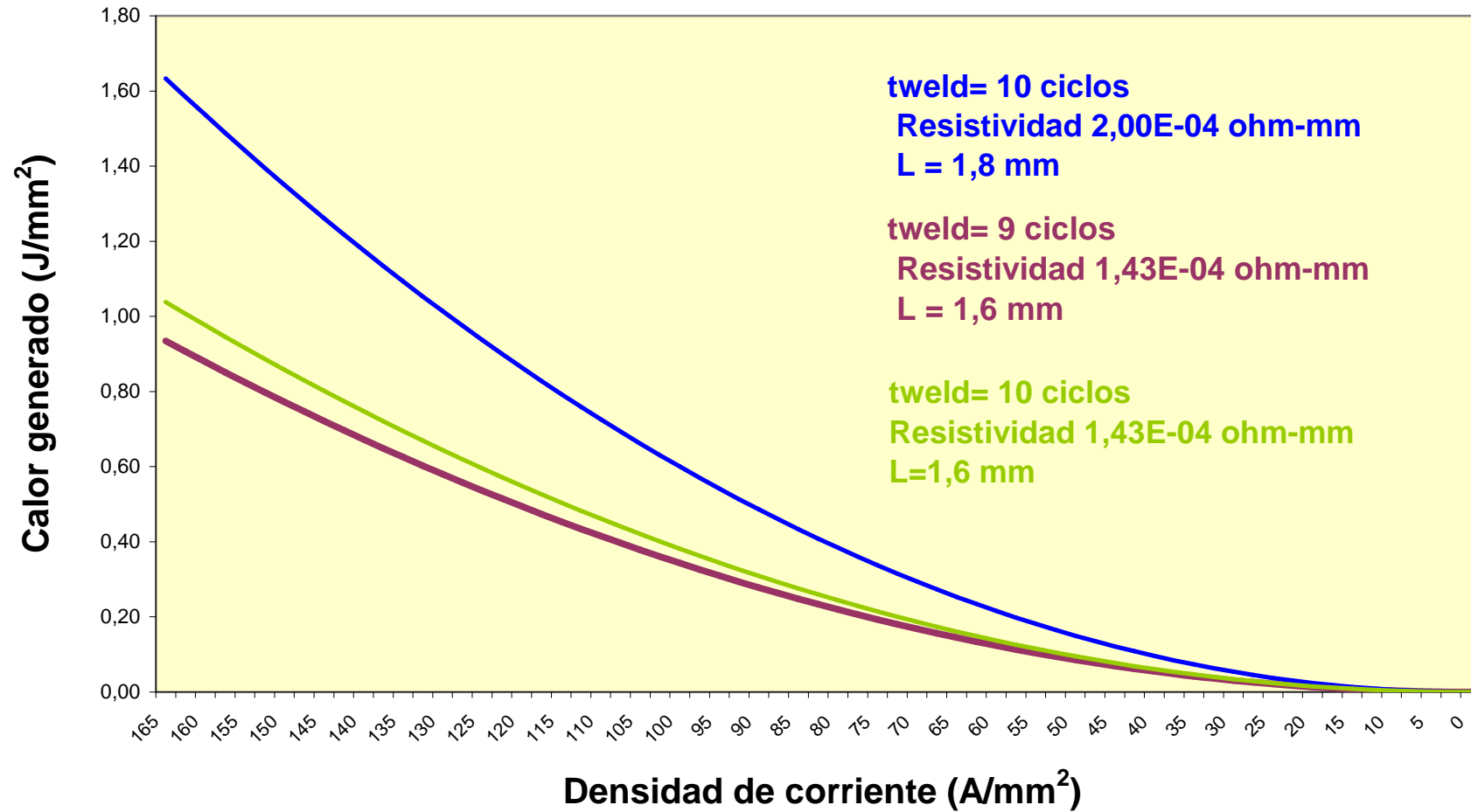


Figura 3.13 Gráfica de la ecuación del Calor.

Donde K es una constante, por ejemplo 0.7 se puede usar la misma ecuación a esta resistencia.

Entonces cuando tenemos una pérdida del 10% en la densidad de corriente, el calor generó una caída de calor en un 19 % como se puede ver en la gráfica 3.13. El propósito es establecer un criterio de pérdidas de calor para seleccionar la corriente del stepper. Este criterio tiene que considerar varios factores como la resistencia de los caps (que afecta la corriente total del circuito) y otras que están implicadas en el comportamiento de la ecuación de calor.

3.6.3 GRÁFICAS DE DENSIDAD DE CORRIENTE EN EQUIPOS CRÍTICOS.

3.6.3.1 SECCIÓN 1 PISO DELANTERO EQC01 Y EQC02.

Equipo	C02	D menor (mm)	4,4	4,8	4,6	4,8	5,3	6	6,3	6,5
Pistola	NOX-K0751	D mayor (mm)	6	6,2	6,6	6,8	7	7,4	7,8	8,1
Corriente (A)	9000	# Puntos	0	738	1005	1628	3106	4047	4788	4981
		Densidad (A/mm²)	140,16	125,59	120,52	112,43	100,35	84,78	76,56	71,39

Tabla 3.4 EQ C02 sin stepper.

Incrementos (A)	200	300	500	750	1000	2750							
# Puntos	1200	1200	1200	1200	1200	6000							
Corriente (A)						9000	9126	9167	9307	9653	10281	10742	10900
Densidad de Corriente (A/mm²)						140,16	127,35	122,76	116,27	107,63	96,85	91,38	86,46
# Puntos						0	738	1005	1628	3106	4047	4788	4981

Tabla 3.5 EQ C02 con stepper.

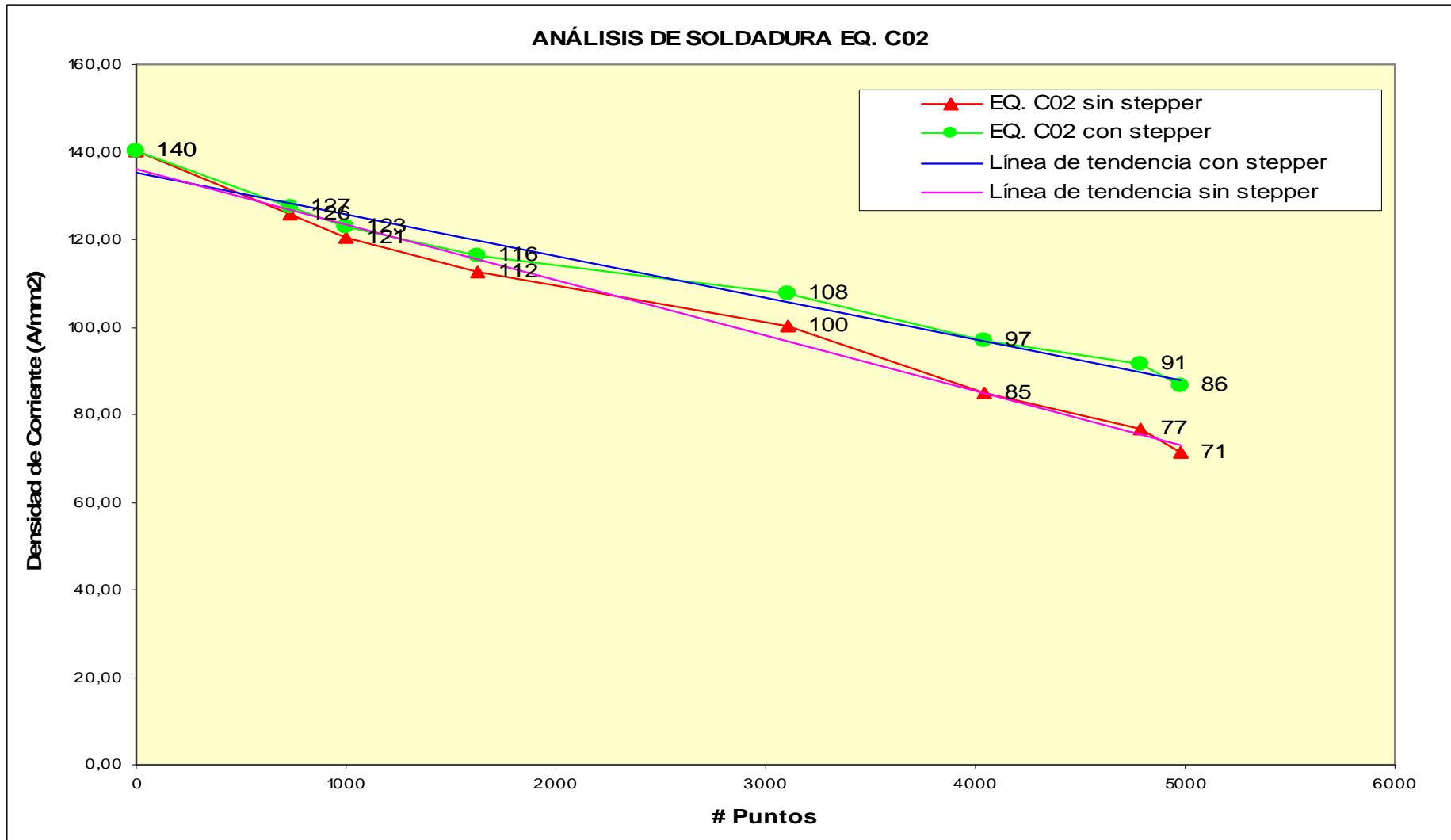


Figura 3.14 Análisis de soldadura EQ C02.

3.6.3.2 SECCIÓN 2 PISO POSTERIOR PASO 1 EQC55.

Equipo	C55	D menor (mm)	4,2	4,85	5	5,2	5,2	5,3	5,5
Pistola	NOX-K0752	D mayor (mm)	4,4	5	5,45	5,6	6	6,2	6,5
Corriente (A)	8000	# Puntos	0	2002	2229	2399	2964	3509	3567
		Densidad (A/mm²)	183,60	139,97	124,29	116,38	108,08	102,48	94,10

Tabla 3.6 EQ C55 sin stepper.

Incrementos (A)	250	300	550	800	1100	3000						
# Puntos	1000	1000	1000	1000	1000	5000						
Corriente (A)						8000	8550	8675	8769	9080	9507	9553
Densidad de Corriente (A/mm²)						183,60	149,59	134,78	127,57	122,68	121,79	112,36
# Puntos						0	2002	2229	2399	2964	3509	3567

Tabla 3.7 EQ C55 sin stepper.

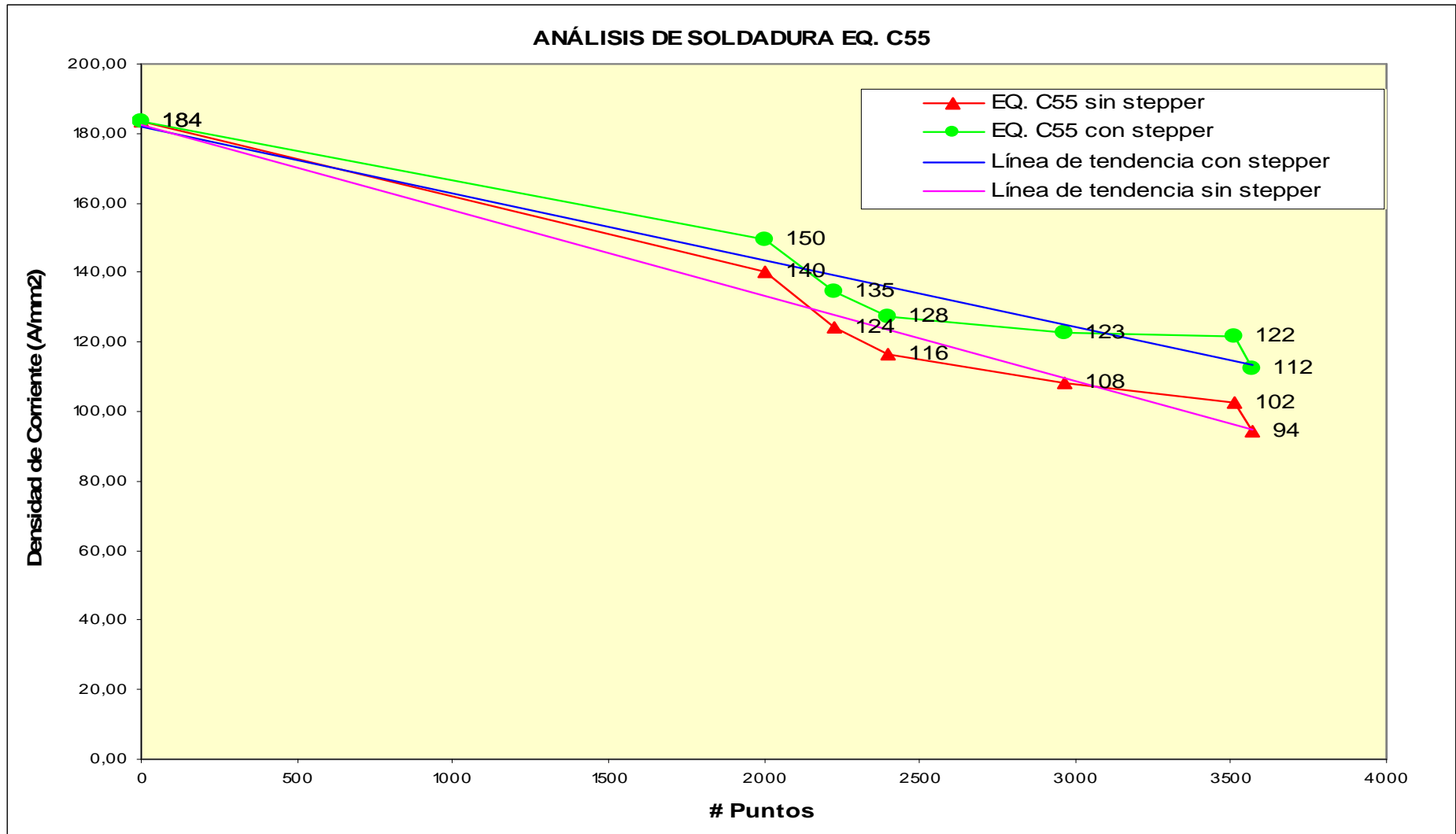


Figura 3.15 Análisis de soldadura EQ C55.

3.6.3.3 SECCIÓN 3 PISO POSTERIOR PASO 2 EQC61.

Equipo	C61	D menor (mm)	4	4	4,1	4,1	4,2	4,3	4,4	4,6	5
Pistola	NOX-K0755	D mayor (mm)	4,1	4,4	4,7	4,8	5	5,3	5,6	5,8	6
Corriente (A)	8500	# Puntos	0	313	474	2825	3800	4440	4856	6246	6973
		Densidad (A/mm²)	219,93	204,35	186,05	181,80	170,06	156,01	143,61	132,82	118,93

Tabla 3.8 EQ C61 sin stepper.

Incrementos (A)	0	300	500	750	1000	2550									
# Puntos	3600	1000	1000	1000	1000	7600									
Corriente (A)							8500	8500	8500	8500	8590	8752	8931	9784	10423
Densidad de Corriente (A/mm²)							219,93	204,35	186,05	181,80	171,86	160,64	150,89	152,89	145,83
# Puntos							0	313	474	2825	3800	4440	4856	6246	6973

Tabla 3.9 EQ C61 sin stepper.

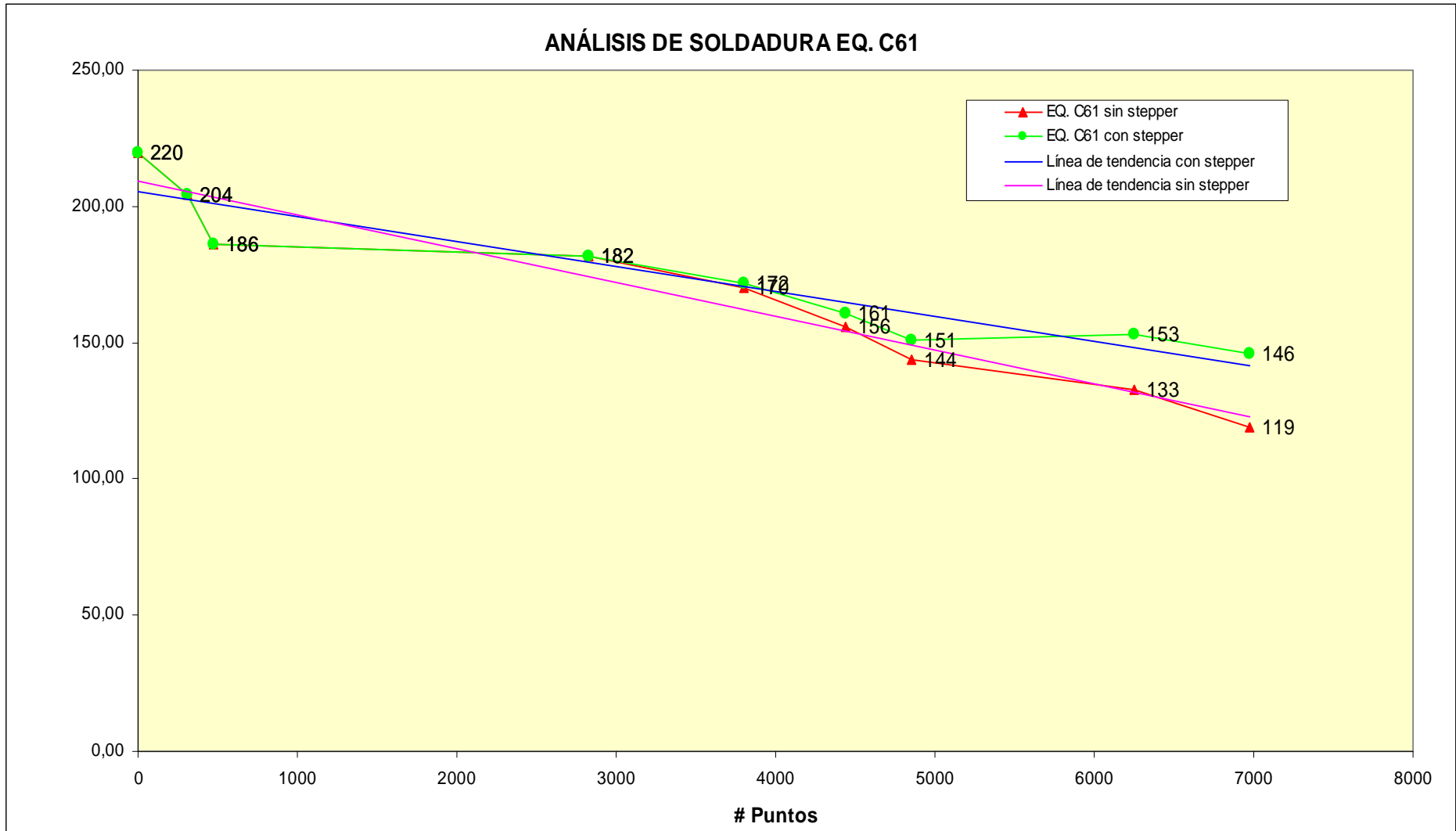


Figura 3.16 Análisis de soldadura EQ C61.

3.6.3.4 SECCIÓN 4 REMATE UNDER BODY EQC54 Y EQC56.

Equipo	C54	D menor (mm)	3,9	4,2	4,5	4,55	4,7	5	5,1	5,3
Pistola	UC-K3029	D mayor (mm)	4,1	4,4	4,7	4,8	5,2	5,4	5,5	5,6
Corriente (A)	8000	# Puntos	0	2215	2352	2432	2710	2837	2978	2995
		Densidad (A/mm²)	212,16	183,60	160,43	155,31	138,45	125,50	120,82	114,28

Tabla 3.10 EQ C54 sin stepper.

Incrementos (A)	300	400	500	600	700	2500								
# Puntos	1200	1000	800	600	1000	4600								
Corriente (A)							8000	8709	8795	8845	9018	9098	9186	9196
Densidad de Corriente (A/mm²)							212,16	199,87	176,38	171,72	156,07	142,73	138,73	131,37
# Puntos							0	2215	2352	2432	2710	2837	2978	2995

Tabla 3.11 EQ C54 sin stepper.

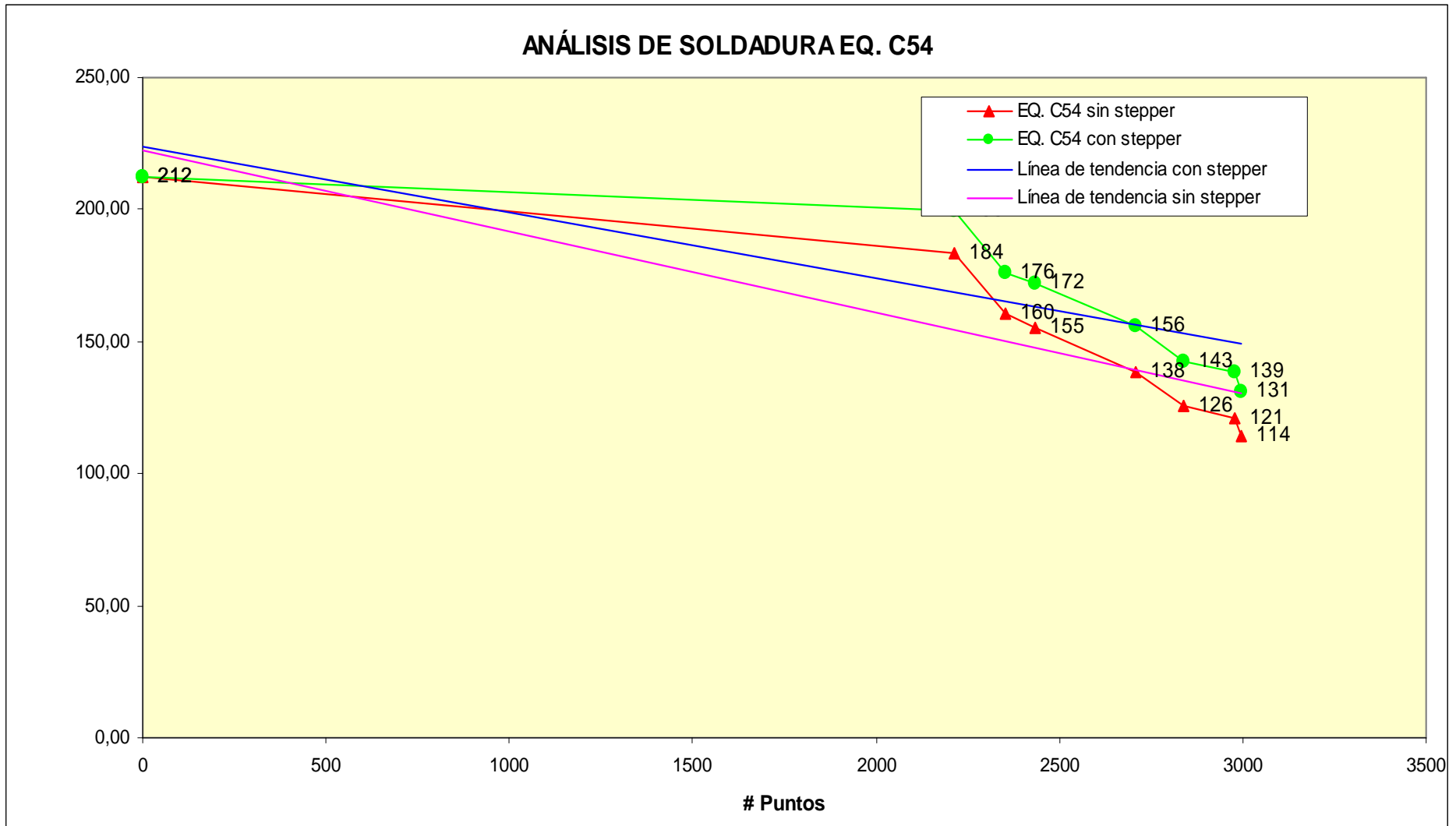


Figura 3.17 Análisis de soldadura EQ C54.

3.6.3.5 SECCIÓN 5 BÓVEDAS TRASERAS EQC21 Y EQC34.

Equipo	C21	D menor (mm)	4	4	4,2	4,3	4,7	4,9	4,9	5	5,2	5,4	5,5	5,7
Pistola	NOX-K0769	D mayor (mm)	4,5	5	5	5,2	5,3	5,3	5,6	6	6,1	6,3	6,5	6,8
Corriente (A)	8500	# Puntos	0	147	794	955	1308	4962	5244	5438	6000	6211	6485	6586
		Densidad (A/mm²)	199,49	177,42	170,06	159,41	144,13	138,63	130,69	118,93	112,77	105,21	99,98	92,11

Tabla 3.12 EQ C21 sin stepper.

Incrementos (A)	100	600	600	600	600	2500												
# Puntos	3000	1200	900	900	600	6600												
Corriente (A)						8500	8504	8526	8532	8543	9608	9796	9925	10300	10511	10785	10846	
Densidad de Corriente (A/mm²)						199,49	177,50	170,58	160,01	144,86	156,70	150,62	138,87	136,65	130,10	126,85	117,54	
# Puntos						0	147	794	955	1308	4962	5244	5438	6000	6211	6485	6586	

Tabla 3.13 EQ C21 sin stepper.

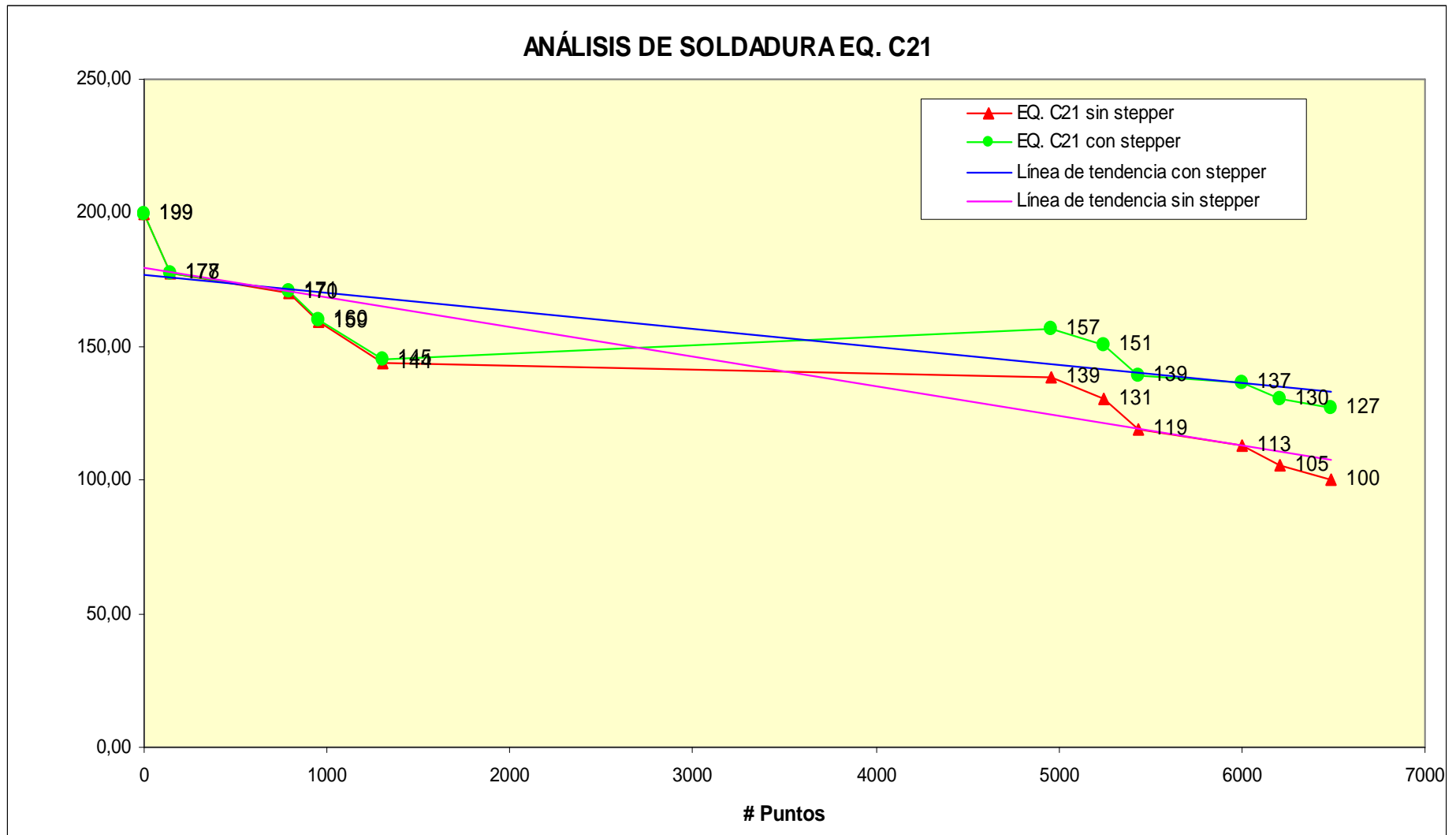


Figura 3.18 Análisis de soldadura EQ C21.

3.7 ANÁLISIS DE SOLDADURA.

El análisis de soldadura se realiza mediante la comparación del comportamiento de los equipos de soldadura en los procesos críticos al trabajar sin compensación de corriente y con compensación de corriente. En las gráficas de cada uno de los equipos de los procesos críticos se pueden ver las tendencias con stepper y sin stepper lo cual da una visión general del comportamiento de la densidad de corriente en los dos casos.

3.7.1 ANÁLISIS DE DENSIDAD DE CORRIENTE.

Como se puede ver en las gráficas las tendencias de la densidad de corriente en los equipos de soldadura son a la baja con stepper y sin stepper. La diferencia de las tendencias radica en que sin stepper la densidad de corriente en un equipo crítico disminuye a un valor promedio del 50% de la densidad inicial mientras que con stepper la línea de tendencia disminuye un 25% de la densidad inicial.

Entonces teóricamente al trabajar sin stepper el diámetro del nugget de soldadura disminuiría en el 50% lo cual no es aceptable según los requerimientos planteados para la realización de este ensayo. Al tener una disminución del 25% en un ciclo completo del programa stepper el nugget de soldadura se mantendría sobre el diámetro mínimo especificado por la norma.

Así por ejemplo en el equipo CO1 si tomamos la combinación de los siguientes espesores que sueldan 1mm+0.7mm+1.4mm donde el diámetro de la validación inicial fue 5.6mm y el diámetro especificado es 4,0mm se tendría:

$5.6\text{mm}-50\% = 5.6\text{mm}-2.8\text{mm} = 2.8 \Rightarrow$ fuera de diámetro mínimo especificado.
$5.6\text{mm}-25\% = 5.6\text{mm}-1.4\text{mm} = 4.2 \Rightarrow$ sobre el diámetro mínimo especificado.

3.7.2 ANÁLISIS DE INCREMENTO DE CORRIENTE.

Según lo analizado anteriormente se podría lograr una disminución de la pérdida de densidad de corriente con un mayor incremento de amperios por cada punto soldado en un proceso de soldadura crítico.

Lo que se debe tomar en cuenta para aumentar la cantidad de corriente por punto soldado es si el transformador que estamos usando soporta tal corriente y cual es la máxima corriente que permite la norma para el material soldado.

Entonces si se desea aumentar la corriente se debe calcular el ciclo de trabajo del transformador Obara PTB-150-406 ya que este es el que se usa en todos los equipos de soldadura críticos.

Se tomara como ejemplo el transformador del equipo C02 el cual es el más exigido de los equipos críticos debido a la cantidad de puntos de soldadura por proceso.

El ciclo de trabajo del transformador Obara PTB-150-406 se calcula dividiendo el número de ciclos de soldadura dados en 30 minutos para 108.000 resultado de $(30\text{min} \times 60\text{seg}/\text{min} \times 60\text{ciclos}/\text{seg})^{10}$.

Datos:

Weld Time: 12 ciclos

Puntos por minuto: 65

Tiempo estimado: 30 minutos

$$\text{Ciclo de trabajo} = \frac{12 \times 65 \times 30}{108000} = \frac{23400}{108000} = 0.21 \times 100 = 21\%$$

Ciclo de trabajo máximo permitido por el transformador 50% \Rightarrow 21% < 50%
--

El incremento máximo de corriente está definido por el espesor del material gobernante y la combinación de tratamientos superficiales usados¹⁹ mediante la tabla 3-2 del procedimiento WS-5A.

Table 3-2: GMT Current Limit

At Faying Surface	GMT (mm)	Current Limit (A)
Bare to Bare	0.70 - 0.80	11,000
	0.81 - 1.08	11,000
	1.09 - 1.35	13,000
	1.36 - 1.58	14,000
	1.59 - 1.78	15,000
	1.79 - 2.10	16,000
	2.11 - 2.48	17,000
	2.49 - 2.80	18,000
Bare to Galvanized	2.81 - 3.40	19,000
	0.75 - 0.80	14,000
	0.81 - 1.08	14,000
	1.09 - 1.35	15,000
	1.36 - 1.58	16,000
	1.59 - 1.78	17,000
	1.79 - 2.10	18,000
	2.11 - 2.48	19,000
Galvanized to Galvanized	2.49 - 2.80	20,000
	2.81 - 3.40	21,000
	0.75 - 0.80	18,000
	0.81 - 1.08	18,000
	1.09 - 1.35	19,000
	1.36 - 1.58	20,000
	1.59 - 1.78	21,000
	1.79 - 2.10	22,000
Galvanized to Galvanized	2.11 - 2.48	23,000
	2.49 - 2.80	24,000
	2.81 - 3.40	26,000

Tabla 3.13 Límites de corriente del material gobernante.

El rango del material gobernante de los equipos de soldadura críticos esta en el intervalo de 0.7 a 0.8 mm en Bare-Bare y 0.75 a 0.8 en Bare-Galvanized. Como se puede verificar en las tablas de las gráficas de los equipos críticos los incrementos de corriente están al máximo permitido por su material gobernante por este motivo no se puede incrementar mas los amperios por punto de soldadura para evitar la disminución de la densidad de corriente.

3.7.3 ANÁLISIS DE LAS HUELLAS DE CAPS.

El diámetro máximo permitido para las huellas los caps utilizados en los equipos de soldadura críticos de Aveo está normado por procedimiento WS-5A y es de 10mm de diámetro. En los ensayos realizados el diámetro mayor alcanzado por el equipo con mayor número de puntos por proceso C02 fue de 8.1mm como muestra la figura 3.19 mientras que las huellas de los otros equipos están en el rango de 4.0 a 7.0mm.

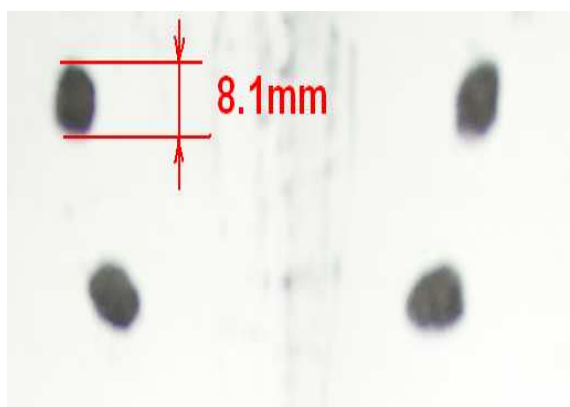


Figura 3.19 Huella con diámetro máximo del equipo C02.

Este margen manejado a 2.0 y 3.0 milímetros bajo del diámetro máximo especificado permite el aseguramiento de los puntos de soldadura ya que se trabajo con un promedio del 25% por debajo del mismo.

En conclusión al trabajar con la corriente máxima y el número de puntos adecuado el cap no sufre deformación por efecto del incremento de corriente si no mas bien por el impacto y la presión de soldadura entre los electrodos.

La gráfica 3.20 muestra en su costado izquierdo el cap nuevo del brazo estacionario del EQ C02 y en su costado derecho el cap desgastado después de los 6000 puntos finales del ciclo del stepper con el cual se tomó la huella de 8.1mm.



Figura 3.20 Desgaste del cap con stepper.

3.7.4 ANÁLISIS DEL ENFRIAMIENTO DEL EQUIPO.

El enfriamiento es una variable muy importante para el funcionamiento de los equipos críticos con stepper por este motivo el mantenimiento del sistema de enfriamiento del equipo es extremadamente minucioso ya que una falla en el mismo podría producir el colapso de cualquiera de los componentes del equipo enfriados por agua.

Como se trato en el punto 2.8.4 del capítulo anterior se necesitan condiciones ideales para el buen funcionamiento del equipo donde se tenía un caudal de 4 a 5 GPM y un diferencial de presión promedio de 40psi.

Ahora bien que sucedería si existe un fallo en el sistema de bombeo o en el sistema del equipo que no es detectado por el sensor de caudal, al estar manejando altas corrientes que oscilan entre 8-13KA el elemento más propenso a sufrir daños es el que funciona con menor caudal de enfriamiento y tiene más contacto con la energía eléctrica circundante.

Para el funcionamiento ideal de un equipo con stepper en la celda Aveo es necesario el siguiente caudal mínimo:

- Transformador 3l/min
- Cable de fuerza 4l/min
- SCR´s 2l/min
- Brazos 4l/mim

El caudal mínimo entonces debe ser 13l/m que equivale a 3.2GPM con los que podría trabajar un equipo en la celda Aveo ya que por los espesores que se sueldan la corriente inicial de validación y final con stepper están dentro de la corriente baja promedio manejada en toda la planta de soldadura.

El promedio de caudal que nos daría condiciones excelentes para trabajo con stepper es de 6GPM.

Los datos para graficar el comportamiento de la densidad de corriente en los procesos críticos para los cuales son usados los equipos de soldadura de resistencia críticos de la celda Aveo han sido tomados en campo mediante procedimientos de soldadura que norman a GM-OBB S.A. y el análisis del comportamiento de los sistemas que intervienen los equipos ha sido detallado mediante las especificaciones técnicas y experiencias vividas en la implementación de los programas stepper.

El siguiente paso es ingresar todos los datos obtenidos mediante ensayos destructivos y no destructivos que tuvieron un desempeño satisfactorio en el período de pruebas de los programas stepper mediante líneas de programación al controlador que es el nervio central del equipo y el encargado de poner en marcha y controlar los parámetros de soldadura.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN DE PROGRAMAS STEPPER EN EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS POR CALIDAD DE LA CELDA AVEO.

En el siguiente capítulo se describirán las opciones que nos brindan los controladores MEDAR 3000 A.C. para la programación de stepper y se desarrollarán las líneas de programación de los programas stepper para cada uno de proceso de soldadura críticos basándose en el análisis de soldadura del capítulo anterior.

4.1 CONTROLADORES MEDAR.

El controlador de Soldadura MEDAR 3000 A.C. o conocido como MedWeld 3000 provee steppers para ayudar a compensar los cambios en el ambiente de soldadura. Los parámetros de los programas steppers son programables para controlar como el procesador de soldadura compensa las variaciones del sistema.

El MedWeld 3000 provee dos distintos tipos de steppers:

- El **linear** stepper el cual incrementa corriente de acuerdo a lo ingresado en el programa stepper y
- El **SureWeld** stepper el cual monitorea las variaciones del factor de potencia y mantiene la corriente de soldadura, basándose en las líneas de programación de la secuencia de soldadura¹³.

El MedWeld 3000 permite seleccionar el tipo de stepper a usar con una secuencia o programa de soldadura previamente ingresado, mediante el uso de las siguientes funciones:

Función # 82: Linlinear stepper

Función # 83: SureWeld stepper

El MedWeld 3000 permite programar hasta 99 linnear stepper y 99 SureWeld stepper. Además se puede asignar un programa stepper a un grupo, esta capacidad permite el incremento de corriente independiente cuando el equipo de soldadura ejecuta cualquier secuencia o programa de soldadura asignado a un grupo. Dentro de la versatilidad del control esta el poder avanzar al siguiente paso de incremento de corriente o a su vez resetear el programa stepper.

En GM-OBB S.A. es normativo el uso de linear stepper por lo que a lo largo del capítulo se tratarán solo los mismos.

4.2 GENERALIDADES DEL LINNEAR STEPPER.

El stepper lineal convencional rastrea el número de soldaduras completado al mismo tiempo compensa la corriente necesaria para la soldadura según los puntos programados. Su función es la de mantener las variables en el proceso de soldadura¹³.

El perfil del stepper consiste en varios pasos lineales, y un parámetro que permite la agrupación de estos. Cada paso lineal adiciona corriente de soldadura por un determinado número de puntos soldados.

Se le conoce como stepper lineal debido a la relación directamente proporcional entre la corriente incrementada y el número de puntos soldados, así por ejemplo: si se programa un paso del programa stepper con una compensación de 50 amperios por cada cien puntos de soldadura el procesador dividirá el número de amperios para el número de puntos, es decir, por cada punto soldado se incrementarán 0.5 amperios. Cuando se haya soldado el punto número cien también se habrá incrementado los 50 amperios programados.

De ésta manera se puede ir creando un programa stepper ya que en el

MedWeld 3000 un programa está constituido por 5 pasos lineales es los cuales el proceso de compensación de corriente es similar al ejemplo tratado anteriormente todo depende de la cantidad de amperios y puntos programados.

El procesador al final de una secuencia de soldadura tomando como referencia el Hold Time, verifica el stepper que fue activado para ver a que grupo pertenece y clasificarlo, de esta manera se lleva el conteo de puntos y se asocia a todos los steppers que pertenezcan al grupo.

Este procedimiento se usa para todos los equipos de soldadura críticos por calidad de celda Aveo, conociendo que cada equipo de soldadura cuenta con dos pistolas portables y cada una de estas maneja dos secuencias o programas de soldadura generalmente una secuencia de soldadura simple y una doble. Por este motivo cada pistola portable se convierte en un grupo para el procesador y cada programa de soldadura maneja un programa paralelo stepper.

El uso de grupos de stepper es imprescindible porque como se puede ver en el análisis de soldadura del capítulo anterior al usar secuencias de soldadura simples y dobles en una misma pistola tratándose de un número considerable de puntos el desgaste del cap es el mismo en los dos casos por lo cual la necesidad de diferenciar la compensación de corriente, es decir, la compensación de corriente puede ser suficiente para una secuencia doble pero insuficiente para una secuencia simple todo dependerá de la corriente inicial de cada secuencia.

Por ejemplo, si una pistola es usada con diferentes secuencias y cada una de estas con un programa stepper diferente, la agrupación permite incrementar automáticamente el conteo al stepper de cada secuencia en el grupo, cada vez que la pistola sea disparada.

Cuando el control complete la última soldadura en el último paso del programa stepper se emitirá una señal que bloqueará el sistema de control del equipo y este a su vez bloqueará todos los sistemas paralelos al mismo, en este

momento es donde el operario tiene que seguir los pasos del Procedimiento para Cambio de Caps detallado en el capítulo siguiente.

4.3 PROGRAMACIÓN DE STEPPERS.

El medio físico de comunicación entre el programador y el procesador del MedWeld 3000 es el Data Entry Panel 100 conocido por sus abreviación como DEP 100. El DEP 100 permite programar secuencias de soldadura, establecer configuraciones iniciales de equipos y programas Stepper. Como medio de monitoreo recibe datos de los elementos electrónicos en el controlador y despliega resultados de la soldadura.

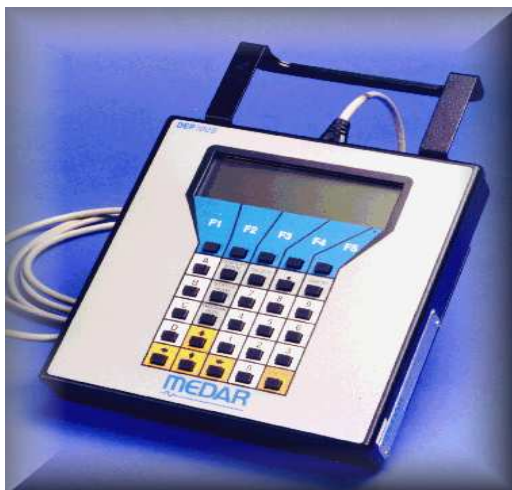


Figura 4.1 Data Entry Panel DEP100.

Para la programación de steppers se deben cumplir tres condiciones importantes:

- Configurar las condiciones iniciales de operación del equipo conocidas como Set-Up.
- Ingresar los datos de cantidad de amperios, cantidad de soldaduras, número de stepper, grupo de stepper y
- Habilitar el programa stepper al inicio de cada secuencia de soldadura.

4.3.1 CONFIGURACIÓN DE CONDICIONES INICIALES.

En esta fase de la programación se revisan e ingresan los parámetros del archivo SETUP. Estos parámetros se ajustan al entorno con el cual interactúa el controlador, por ejemplo el tipo de transformador, relación de transformación, voltaje de entrada, factor de potencia, establecer prioridades a los códigos de error, entre otras.

Al presionar la tecla PROGRAM MODE en el DEP 100 aparecerá el menú de la figura 4.2 en donde al seleccionar F3 se puede editar el Set-Up.

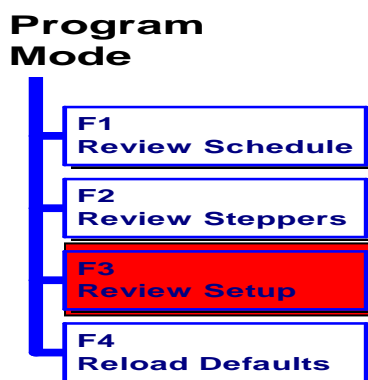


Figura 4.2 Menú PROGRAM MODE Submenú F3.

Algunos parámetros pueden establecer al controlador como responder ante ciertas fallas según la categoría FAULT, ALERT o NONE.

1. **Fault.** Le dice al controlador detener el proceso y prender la salida FAULT.
2. **Alert.** Le dice al control prender la salida ALERT, pero no detiene el proceso.
3. **None.** Le dice al control ignorar la condición de falla.

Los parámetros que se revisan y son condición para que un programa stepper funcione son los siguientes:

STEPPER APPROACHING MAX: (ALERT)

Esta condición debe ser seleccionada como alerta y se activa cuando el

stepper a iniciado el último paso.

END OF STEPPER: (FAULT)

Esta condición debe ser seleccionada como falla y se activa cuando el contador del stepper ha concluido el último paso.

HIGH CURRENT LIMIT: (FAULT)

LOW CURRENT LIMIT: (FAULT)

Estas condiciones deben ser seleccionadas como falla y se activan cuando la corriente de soldadura resulta fuera de los límites preestablecidos.

TRANSFORMER TYPE: (AC)

Se debe seleccionar AC ya que los transformadores usados para la soldadura son de Corriente Alterna.

INHIBIT INITIATION ON FAULT

Se debe seleccionar esta línea de programación para evitar el funcionamiento del controlador bajo condición de falla.

TRANSFORMER TURNS RATIO (1:17)

Indica la relación de transformación a usarse dependiendo de las especificaciones del transformador en este caso 17 para el transformador Obara PTB-150-406.

NOMINAL LINE VOLTAGE: (440)

Es el voltaje de la línea de suministro y debe ajustarse correctamente cuando se programa en modo compensación de voltaje.

NOMINAL C-FACTOR: 170

Lo mide el procesador en cada punto y debe programarse cuando no se lo use en cada secuencia de soldadura.

4.3.2 INGRESO DE DATOS AL PROGRAMA STEPPER.

En esta etapa de la programación se ingresan los datos recopilados del análisis de soldadura del capítulo anterior realizado para cada equipo de soldadura crítico por calidad de la celda Aveo donde consta la cantidad de amperios requerida por número de puntos.

Es muy importante la identificación correcta del número de programa stepper y número de grupo al que pertenece el mismo tomando en cuenta las siguientes condiciones:

1.- El número de programa stepper debe ser el mismo de la secuencia de soldadura en la que fue realizado el análisis y establecido cada uno de sus pasos. Así por ejemplo:

- En los controladores están designadas las secuencias de soldadura #1 y #2 para la pistola N° 1, es decir, a la secuencia #1 se le asignará el programa stepper #1 y a la secuencia #2 el programa stepper #2.
- Las secuencias de soldadura #4 y #8 son asignadas a la pistola N° 2, entoces a la secuencia #4 se le asignará el programa stepper #4 y a la secuencia #8 el programa stepper #8.

2.- El número de grupo al que pertenecen los programas stepper está designado por el número de pistola de la siguiente manera:

- Los programas stepper #1 y #2 pertenecerán al grupo #1 y
- Los programas stepper #4 y #8 pertenecerán al grupo #2.

Al presionar la tecla PROGRAM MODE en el DEP 100 aparecerá el menú de la figura 4.3 en donde al seleccionar F2 se desplegarán las opciones:

- 1) Linnear Stepper
- 2) SureWeld Stepper

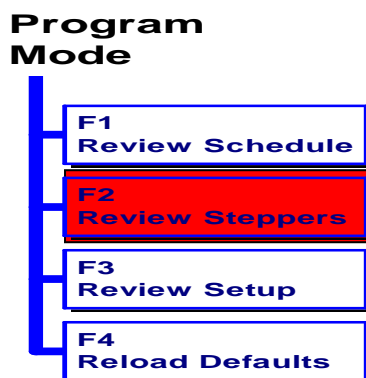


Figura 4.3 Menú PROGRAM MODE Submenú F2.

Al presionar en el teclado numérico la opción 1 aparecerá el programa por default que viene en el procesador.

```

START OF STEPPER
STEP #1 00 % 0000 AMPS IN 0000 WELDS
STEP #2 00 % 0000 AMPS IN 0000 WELDS
STEP #3 00 % 0000 AMPS IN 0000 WELDS
STEP #4 00 % 0000 AMPS IN 0000 WELDS
STEP #5 00 % 0000 AMPS IN 0000 WELDS
STEPPER GROUP #00
END OF STEPPER
  
```

En este instante los datos deben ser ingresados y grabados en el procesador del controlador. Al ser grabados los programas aún no estran a trabajar en paralelo con la secuencia de soldadura.

4.3.3 ACTIVACIÓN DEL PROGRAMA STEPPER.

En esta etapa la programación está ya terminada y el paso final es la activación del programa stepper en la secuencia adecuada o para la que fue programado. Se debe tomar en cuenta que en el instante que se activa el programa stepper es donde empiezan a contabilizarse los puntos soldados y los incrementos de corriente se dan.

Para realizar la activación se debe cumplir la siguiente condición:

- Verificar que el número de programa stepper a activar coincida con la secuencia de soldadura en la se va a ingresar.

En el DEP 100 se debe presionar la tecla PROGRAM MODE y seleccionar el Submenú F1 como indica la figura 4.4

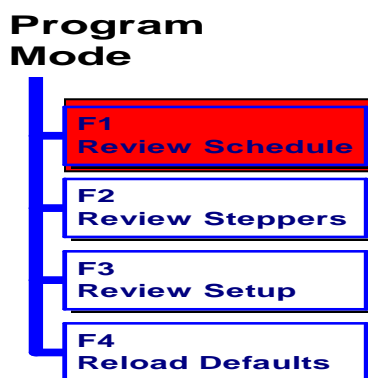


Figura 4.4 Menú PROGRAM MODE Submenú F1.

Al ingresar a las secuencias de soldadura la primera línea de programación es la que permite la activación de determinado stepper.

82 LINNEAR STEPPER #0 ASSIGNED (0=OFF)

```

54 TURN ON VALVE #1
61 ABORT IF NO INITIATE FOR 20 CYCLES
01 SQUEEZE 10 CYCLES
22 PREHEAT 5 CYCLES 40%I
02 COOL 1 CYCLE
60 IMPULSE 12 HEAT CY, 10 COOL CY
30 WELD 2 IMP 9500 AMPS
78 PROCESS WELD FAULTS
03 HOLD 5 CYCLES
55 TURN OFF VALVE #1

```

El procesador por default siempre coloca en toda secuencia o programa de soldadura la línea de programación para activación del stepper. Como lo indica la línea de programación 82 resaltada en negrilla el 0 mantiene la misma en OFF, mientras que los números del 1 al 99 activan la línea de programación y por ende el programa stepper.

Para la activación de programas steppers en los equipos de soldadura críticos por calidad del la celda Aveo siempre se tendrá que trabajar con cualquiera de las siguientes líneas de programación de stepper:

82 LINNEAR STEPPER #1 ASSIGNED (0=OFF)

**PARA LA MÁQUINA
SOLDADORA #1**

82 LINNEAR STEPPER #2 ASSIGNED (0=OFF)

82 LINNEAR STEPPER #4 ASSIGNED (0=OFF)

**PARA LA MÁQUINA
SOLDADORA #2**

82 LINNEAR STEPPER #8 ASSIGNED (0=OFF)

4.4 PROGRAMACIÓN DE STEPPERS EN EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS POR CALIDAD DE LA CELDA AVEO.

4.4.1 SECCIÓN 1 OPERACIÓN CRÍTICA DE PISO DELANTERO.

Programas steppers de Equipo C01

PISTOLA #1 SECUENCIA #1

START OF STEPPER

STEP #1 0000 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #2 0300 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #3 0600 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #4 0900 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #5 1200 AMPS IN 1200 WELDS

STEPPER GROUP #01

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #01

PISTOLA #1 SECUENCIA #2

START OF STEPPER

STEP #1 0200 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #2 0300 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #3 0500 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #4 0750 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #5 1000 AMPS IN 1200 WELDS

STEPPER GROUP #01

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #02

STEPPER GROUP	SCHEDULE NUMBER	STEPS (A) #W	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5	TOTAL
01	SCH 1	BOOST	0	300	600	900	1200	3000
		COUNT	1200	1200	1200	1200	1200	6000
	SCH 2	BOOST	200	300	500	750	1000	2750
		COUNT	1200	1200	1200	1200	1200	6000

Tabla 4.1 Steppers EQ. C01.

Programas steppers de Equipo C02

PISTOLA #2 SECUENCIA #4

START OF STEPPER

STEP #1 0000 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #2 0300 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #3 0600 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #4 0900 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #5 1200 AMPS IN 1200 WELDS

STEPPER GROUP #02

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #04

PISTOLA #2 SECUENCIA #8

START OF STEPPER

STEP #1 0200 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #2 0300 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #3 0500 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #4 0750 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #5 1000 AMPS IN 1200 WELDS

STEPPER GROUP #02

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #08

STEPPER GROUP	SCHEDULE NUMBER	STEPS (A) #W	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5	TOTAL
02	SCH 4	BOOST	0	300	600	900	1200	3000
		COUNT	1200	1200	1200	1200	1200	6000
	SCH 8	BOOST	200	300	500	750	1000	2750
		COUNT	1200	1200	1200	1200	1200	6000

Tabla 4.2 Steppers EQ. C02.

4.4.2 SECCIÓN 2 Y 3 OPERACIÓN CRÍTICA DE PISO POSTERIOR.

Programas steppers de Equipo C55 Paso 1

PISTOLA #1 SECUENCIA #1

START OF STEPPER

STEP #1 0250 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #2 0300 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #3 0550 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #4 0800 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #5 1100 AMPS IN 1000 WELDS

STEPPER GROUP #01

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #01

PISTOLA #1 SECUENCIA #2

START OF STEPPER

STEP #1 0250 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #2 0300 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #3 0550 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #4 0800 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #5 1100 AMPS IN 1000 WELDS

STEPPER GROUP #01

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #02

PISTOLA #2 SECUENCIA #4

START OF STEPPER

STEP #1 0100 AMPS IN 0400 WELDS

STEP #2 0250 AMPS IN 0500 WELDS

STEP #3 0360 AMPS IN 0500 WELDS

STEP #4 0480 AMPS IN 0500 WELDS

STEP #5 0780 AMPS IN 0500 WELDS

STEPPER GROUP #02

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #04

PISTOLA #2 SECUENCIA #8

START OF STEPPER

STEP #1 0100 AMPS IN 0400 WELDS

STEP #2 0250 AMPS IN 0500 WELDS

STEP #3 0360 AMPS IN 0500 WELDS

STEP #4 0480 AMPS IN 0500 WELDS

STEP #5 0780 AMPS IN 0500 WELDS

STEPPER GROUP #02

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #08

STEPPER GROUP	SCHEDULE NUMBER	STEPS (A) #W		STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5	TOTAL
1	SCH 1	BOOST		250	300	550	800	1100	3000
		COUNT		1000	1000	1000	1000	1000	5000
	SCH 2	BOOST		250	300	550	800	1100	3000
		COUNT		1000	1000	1000	1000	1000	5000
2	SCH 4	BOOST		100	250	360	480	780	1970
		COUNT		400	500	500	500	500	2400
	SCH 8	BOOST		100	250	360	480	780	1970
		COUNT		400	500	500	500	500	2400

Tabla 4.3 Steppers EQ. C55.

Programas steppers de Equipo C61 Paso 2

PISTOLA #1 SECUENCIA #1

START OF STEPPER

STEP #1 0000 AMPS IN 3600 WELDS

STEP #2 0300 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #3 0500 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #4 0750 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #5 1000 AMPS IN 1000 WELDS

STEPPER GROUP #01

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #01

PISTOLA #1 SECUENCIA #2

START OF STEPPER

STEP #1 0000 AMPS IN 3600 WELDS

STEP #2 0300 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #3 0500 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #4 0750 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #5 1000 AMPS IN 1000 WELDS

STEPPER GROUP #01

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #02

STEPPER GROUP	SCHEDULE NUMBER	STEPS (A) #W	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5	TOTAL
01	SCH 1	BOOST	0	300	500	750	1000	2550
		COUNT	3600	1000	1000	1000	1000	7600
	SCH 2	BOOST	0	300	500	750	1000	2550
		COUNT	3600	1000	1000	1000	1000	7600

Tabla 4.4 Steppers EQ. C61.

4.4.3 SECCIÓN 4 OPERACIÓN CRÍTICA DE REMATE UNDER BODY.

Programas steppers de Equipo C54

PISTOLA #1 SECUENCIA #1

START OF STEPPER

STEP #1 0300 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #2 0400 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #3 0500 AMPS IN 0800 WELDS

STEP #4 0600 AMPS IN 0600 WELDS

STEP #5 0700 AMPS IN 0600 WELDS

STEPPER GROUP #01

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #01

PISTOLA #1 SECUENCIA #2

START OF STEPPER

STEP #1 0300 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #2 0400 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #3 0500 AMPS IN 0800 WELDS

STEP #4 0600 AMPS IN 0600 WELDS

STEP #5 0700 AMPS IN 0600 WELDS

STEPPER GROUP #01

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #02

STEPPER GROUP	SCHEDULE NUMBER	STEPS (A) #W	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5	TOTAL
01	SCH1	BOOST	300	400	500	600	700	2500
		COUNT	1200	1000	800	600	600	4200
	SCH2	BOOST	300	400	500	600	700	2500
		COUNT	1200	1000	800	600	600	4200

Tabla 4.5 Steppers EQ. C54.

Programas steppers de Equipo C56

PISTOLA #2 SECUENCIA #4

START OF STEPPER

STEP #1 0300 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #2 0400 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #3 0500 AMPS IN 0800 WELDS

STEP #4 0600 AMPS IN 0600 WELDS

STEP #5 0700 AMPS IN 0600 WELDS

STEPPER GROUP #02

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #04

PISTOLA #2 SECUENCIA #8

START OF STEPPER

STEP #1 0300 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #2 0400 AMPS IN 1000 WELDS

STEP #3 0500 AMPS IN 0800 WELDS

STEP #4 0600 AMPS IN 0600 WELDS

STEP #5 0700 AMPS IN 0600 WELDS

STEPPER GROUP #02

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #08

STEPPER GROUP	SCHEDULE NUMBER	STEPS (A) #W	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5	TOTAL
02	SCH4	BOOST	300	400	500	600	700	2500
		COUNT	1200	1000	800	600	600	4200
	SCH8	BOOST	300	400	500	600	700	2500
		COUNT	1200	1000	800	600	600	4200

Tabla 4.6 Steppers EQ. C56.

4.4.5 SECCIÓN 5 OPERACIÓN CRÍTICA DE BÓVEDAS POSTERIORES RH Y LH

Programas steppers de Equipo C21

PISTOLA #1 SECUENCIA #1

START OF STEPPER

STEP #1 0100 AMPS IN 3000 WELDS

STEP #2 0600 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #3 0600 AMPS IN 0900 WELDS

STEP #4 0600 AMPS IN 0900 WELDS

STEP #5 0600 AMPS IN 0600 WELDS

STEPPER GROUP #01

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #01

PISTOLA #1 SECUENCIA #2

START OF STEPPER

STEP #1 0100 AMPS IN 3000 WELDS

STEP #2 0600 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #3 0600 AMPS IN 0900 WELDS

STEP #4 0600 AMPS IN 0900 WELDS

STEP #5 0600 AMPS IN 0600 WELDS

STEPPER GROUP #01

END OF STEPPER

STEPPER NUMBER #02

STEPPER GROUP	SCHEDULE NUMBER	STEPS (A) #W	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5	TOTAL
1	SCH 1	BOOST	100	600	600	600	600	2500
		COUNT	3000	1200	900	900	600	6600
	SCH 2	BOOST	100	600	600	600	600	2500
		COUNT	3000	1200	900	900	600	6600

Tabla 4.7 Steppers EQ. C21.

Programas steppers de Equipo C34

PISTOLA #1 SECUENCIA #1

START OF STEPPER

STEP #1 0100 AMPS IN 3000 WELDS

STEP #2 0600 AMPS IN 1200 WELDS

STEP #3 0600 AMPS IN 0900 WELDS

STEP #4 0600 AMPS IN 0900 WELDS

STEP #5 0600 AMPS IN 0600 WELDS

STEPPER GROUP #01

END OF STEPPER
STEPPER NUMBER #01

PISTOLA #1 SECUENCIA #2

START OF STEPPER
STEP #1 0100 AMPS IN 3000 WELDS
STEP #2 0600 AMPS IN 1200 WELDS
STEP #3 0600 AMPS IN 0900 WELDS
STEP #4 0600 AMPS IN 0900 WELDS
STEP #5 0600 AMPS IN 0600 WELDS
STEPPER GROUP #01
END OF STEPPER
STEPPER NUMBER #02

PISTOLA #2 SECUENCIA #4

START OF STEPPER
STEP #1 0100 AMPS IN 3000 WELDS
STEP #2 0600 AMPS IN 1200 WELDS
STEP #3 0600 AMPS IN 0900 WELDS
STEP #4 0600 AMPS IN 0900 WELDS
STEP #5 0600 AMPS IN 0600 WELDS
STEPPER GROUP #02
END OF STEPPER
STEPPER NUMBER #04

PISTOLA #2 SECUENCIA #8

START OF STEPPER
STEP #1 0100 AMPS IN 3000 WELDS
STEP #2 0600 AMPS IN 1200 WELDS
STEP #3 0600 AMPS IN 0900 WELDS
STEP #4 0600 AMPS IN 0900 WELDS
STEP #5 0600 AMPS IN 0600 WELDS
STEPPER GROUP #02
END OF STEPPER
STEPPER NUMBER #08

STEPPER GROUP	SCHEDULE NUMBER	STEPS (A) #W	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4	STEP 5	TOTAL
1	SCH 1	BOOST	100	600	600	600	600	2500
		COUNT	3000	1200	900	900	600	6600
	SCH 2	BOOST	100	600	600	600	600	2500
		COUNT	3000	1200	900	900	600	6600
2	SCH 4	BOOST	100	600	600	600	600	2500
		COUNT	3000	1200	900	900	600	6600
	SCH 8	BOOST	100	600	600	600	600	2500
		COUNT	3000	1200	900	900	600	6600

Tabla 4.8 Steppers EQ. C34.

La necesidad de mantener la calidad en los procesos de soldadura críticos llevó a GM-OBB S.A. a implementar programas stepper en los equipos de soldadura por resistencia críticos la celda Aveo, en el capítulo tratado se describió la implementación de los programas mediante el uso de las herramientas que nos facilita el procesador central.

En la línea productiva al entrar en acción un nuevo proceso más dinámico que no depende del operador para mantenerse y mantener constante un estándar nacen nuevas expectativas acerca de los procedimientos a seguir en cada una de las etapas del nuevo proceso implementado.

Esto conlleva a generar nuevos procedimientos para el uso, mantenimiento y control de los elementos directamente relacionados a los programas stepper ya que si uno de estos es desconocido o no tratado de la manera adecuada se podría llegar a generar problemas de calidad.

CAPÍTULO 5

VALIDACIÓN DE PROGRAMAS STEPPERS EN EQUIPOS DE SOLDADURA CRÍTICOS DE LA CELDA AVEO.

En el presente capítulo se definirá el procedimiento para la validación de los programas stepper y los procedimientos paralelos a la implementación de dichos programas en los equipos de soldadura críticos por resistencia de la celda Aveo mediante el uso de las normas corporativas de General Motors Corporation.




5.1 IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA VALIDACIÓN DE PROGRAMAS STEPPER.

Este procedimiento describe los pasos a seguir después de implementados los programas stepper en un equipo de soldadura.

Es importante verificar la variación del diámetro del nugget o botón de soldadura cuando el equipo trabaja sin el programa stepper ya que mediante este procedimiento se puede determinar el número de puntos que da un equipo hasta que el diámetro mínimo especificado es logrado.

Mediante el uso de este procedimiento se puede encontrar los datos para realizar las gráficas respectivas y verificar que el diámetro del nugget esta siendo mantenido o está dentro de los intervalos de aceptabilidad de calidad lo cual se logra mediante el uso de los programas stepper.

Se puede determinar el número máximo de puntos alcanzados y los amperios incrementados por cada uno de ellos utilizando el procedimiento de recolección de huellas con el uso de papel carbón y basándose en la tabla de incremento máximo de corriente por tipo de combinación de materiales en la junta soldada.

		INSTRUCCIÓN DE TRABAJO <i>Validación de equipos con Programas STEPPER</i>	Emisión: 14/02/2008 Revisión: 2 Rev. Nro: 2-2 Página: 1 de 2	
---	---	---	---	---

- **Objetivo:** Definir el método de validación de steppers para procesos de soldadura por resistencia con el propósito de asegurar las condiciones de soldadura según procedimientos corporativos WS-5A y GM 4488M.

- **Desarrollo:**




- a) Seleccionar la fuerza y weld time del WS-4, sección A y determinar la correspondiente corriente de soldadura para obtener el mínimo diámetro del pugget especificado en el GM 4488M.

Nota: Los datos obtenidos en la validación del proceso de soldadura puede ser utilizada para el desarrollo del test constan en la Weld Data Sheet WDS.

- b) Añadir 500A al valor determinado en el paso anterior.
- c) Soldar en probetas a intervalos de 30 puntos/minuto. Nota: evitar soldar en un "footprint" ya que podría incidir en el deterioro del cap.
- d) Cada 100 puntos, soldar 3 puntos sobre las probetas separados aproximadamente 2,5mm (1in).
- e) Inspeccionar visualmente los puntos de soldadura de acuerdo al criterio del procedimiento GM 4488M. Verificar exceso de indentación, esquirlas, distorsión o fisuras. Realizar Prueba de Cincel (arrancamiento) al segundo punto de soldadura, medir el diámetro del botón de soldadura y registrar la siguiente información en el WDS:
 - # de punto.
 - Incremento de corriente.
 - Diámetro del botón de soldadura.

PRODUCCIÓN	Revisado:	Firma:	Fecha:
MANTENIMIENTO	Revisado:	Firma:	Fecha:
CALIDAD	Revisado:	Firma:	Fecha:
PROCESOS	Revisado:	Firma:	Fecha:

Realizado por: José Gualichico

		<p align="center">INSTRUCCIÓN DE TRABAJO</p> <p align="center"><i>Validación de equipos con Programas STEPPER</i></p>	<p>Emisión: 14/02/2008 Revisión: 2 Rev. Nro: 2-2 Página: 1 de 2</p>	
---	---	--	--	---

Si el botón no consigue los requerimientos mínimos en el intervalo de chequeo, incrementar la corriente en intervalos de 100 amp hasta obtener el diámetro del botón mínimo requerido y registrar la información en el WDS.

- f) Añadir 500 amperios al nuevo valor obtenido.
- g) Continuar con el test hasta que alguna de las siguientes condiciones ocurran:
- El mínimo diámetro no puede ser obtenido a través de los incrementos de corriente.
 - La corriente requerida excede el correspondiente límite de corriente especificado para el tipo de material soldado.
 - El diámetro obtenido a través del papel carbón excede el diámetro permitido y especificado en el procedimiento WS-5A.

PRODUCCIÓN	Revisado:	Firma:	Fecha:
MANTENIMIENTO	Revisado:	Firma:	Fecha:
CALIDAD	Revisado:	Firma:	Fecha:
PROCESOS	Revisado:	Firma:	Fecha:

Realizado por: José Gualichio

5.2 GRÁFICAS DE LA VALIDACIÓN DE PROGRAMAS STEPPER DE EQUIPOS CRÍTICOS DE LA CELDA AVEO.

En las gráficas de cada uno de los procesos críticos se puede ver la variación del diámetro del nugget cuando el equipo trabaja con stepper y cuando el equipo trabaja sin stepper, donde se nota claramente que la tendencia disminuye cuando el equipo no utiliza stepper y por el contrario cuando el equipo trabaja con stepper el diámetro del nugget se mantiene en rangos aceptables.

Se debe tomar en cuenta que las variaciones repentinas en las gráficas durante la validación son consecuencia de errores al tomar las huellas del área de contacto de los caps y de lecturas con diferentes apreciaciones de los diámetros del nugget medidos en los ensayos destructivos por deformación.

5.2.1 SECCIÓN 1 PISO DELANTERO EQC01 Y EQC02.

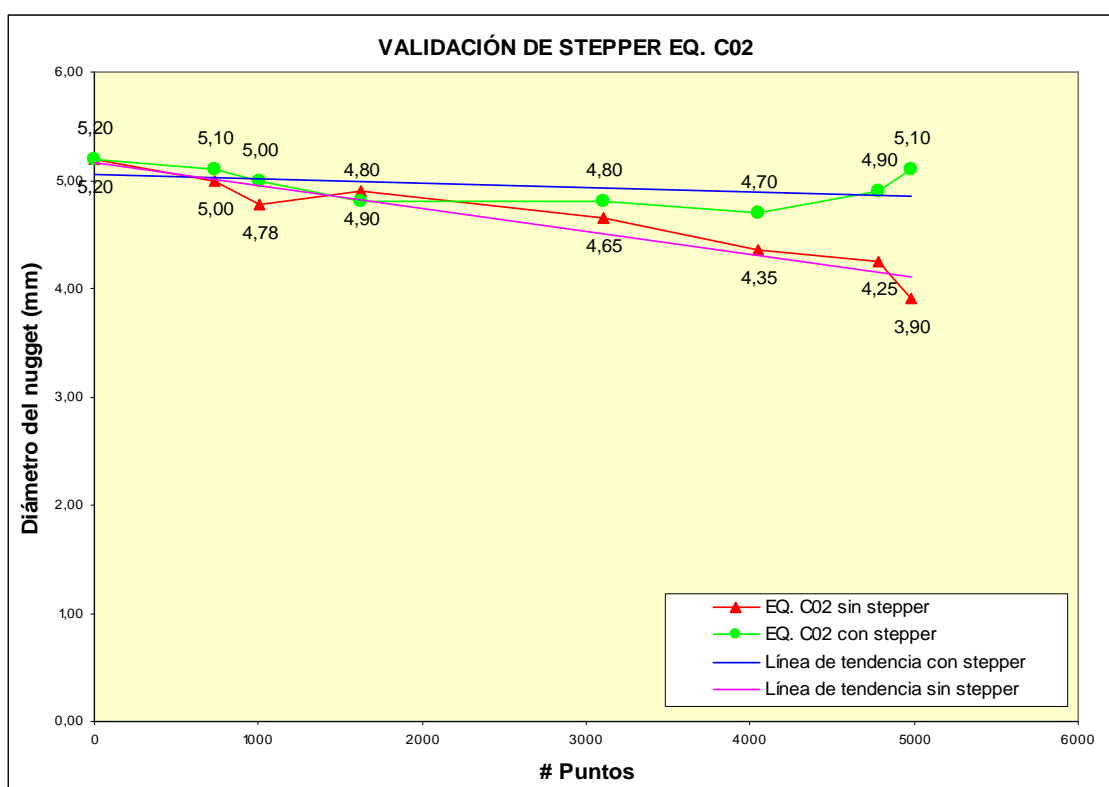


Figura 5.1 Gráfica de Validación EQ C02.

5.2.2 SECCIÓN 2 PISO POSTERIOR PASO 1 EQC55.

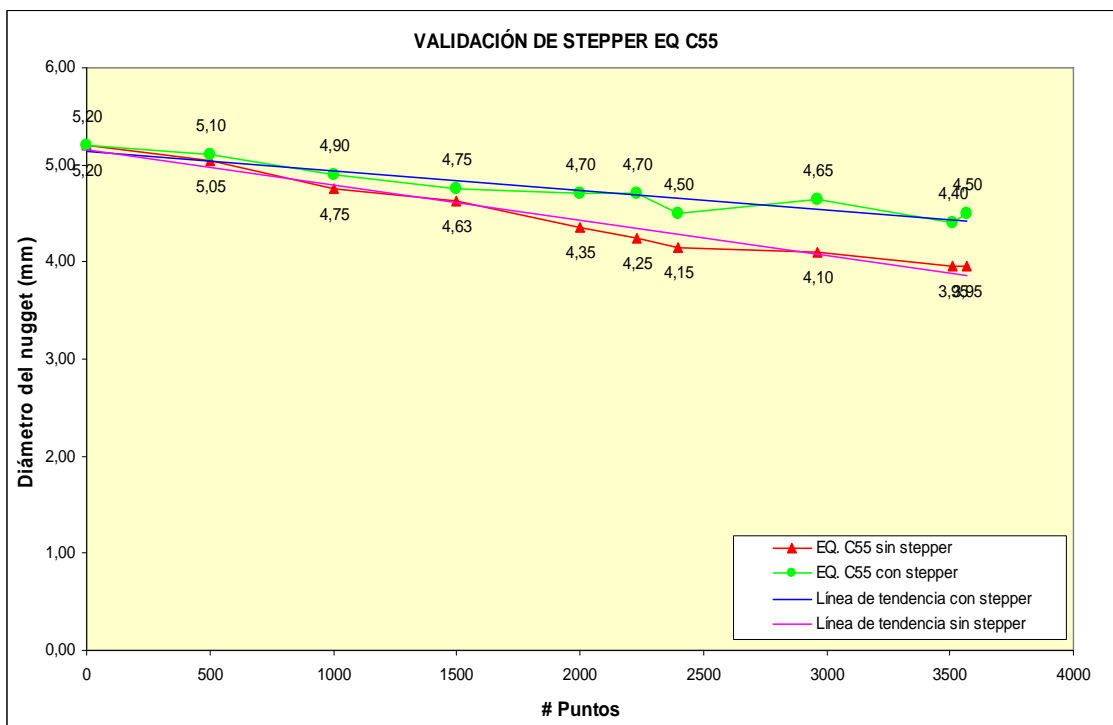


Figura 5.1 Gráfica de Validación EQ C55.

5.2.3 SECCIÓN 3 PISO POSTERIOR PASO 2 EQC61.

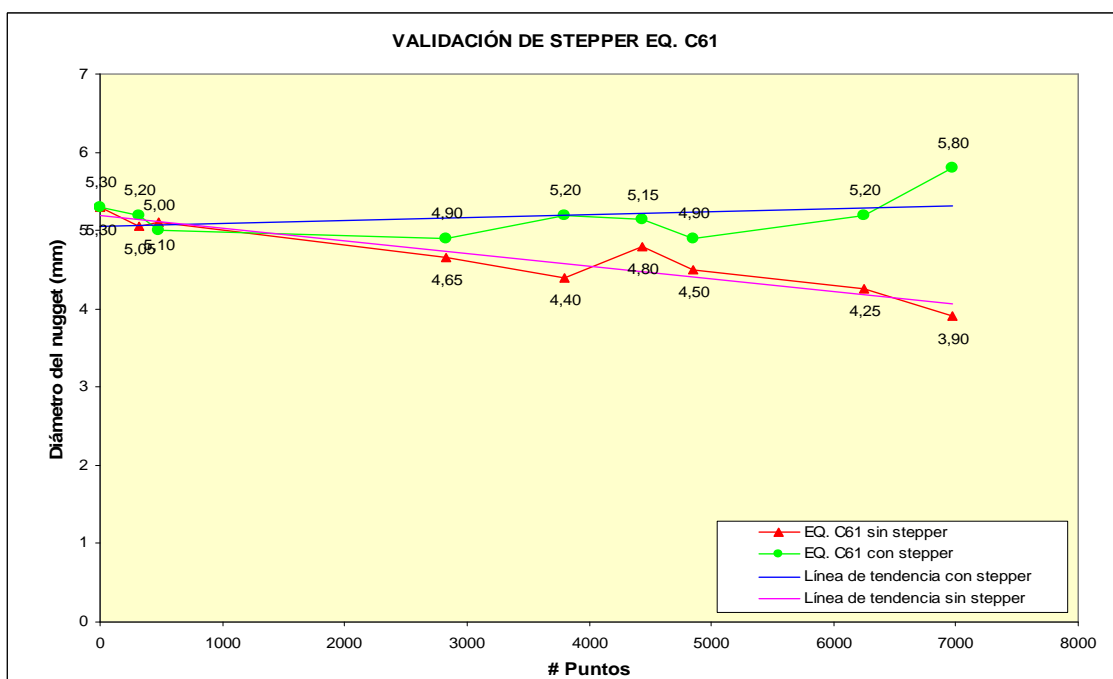


Figura 5.1 Gráfica de Validación EQ C61.

5.2.4 SECCIÓN 4 REMATE UNDER BODY EQC54 Y EQC56.

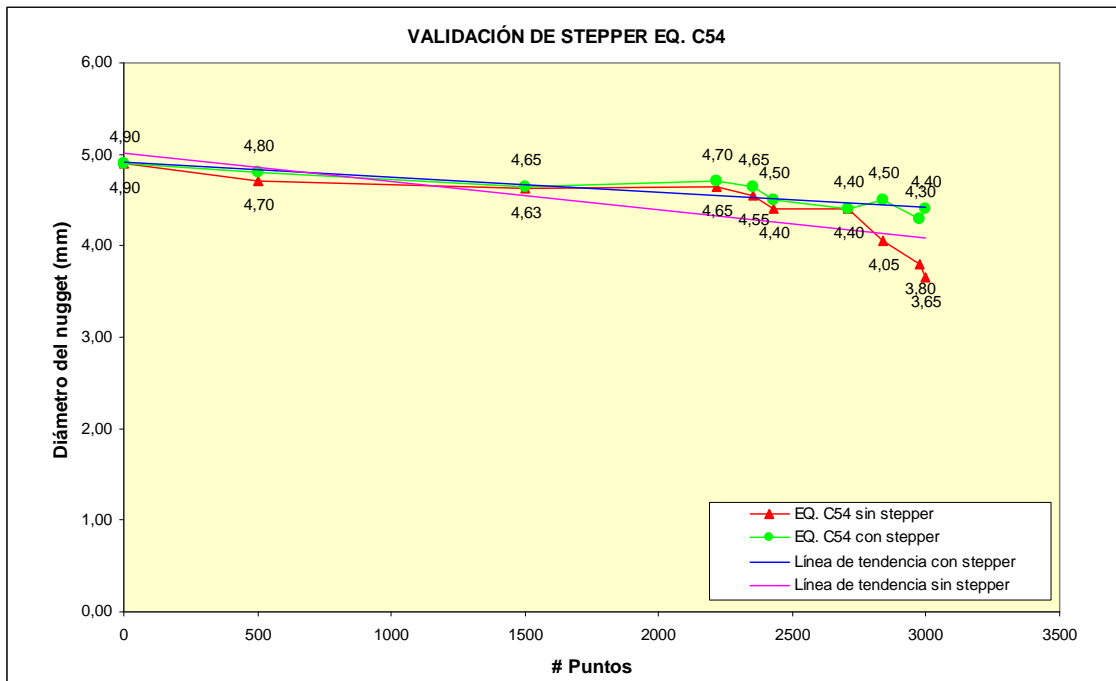


Figura 5.1 Gráfica de Validación EQ C54.

5.2.5 SECCIÓN 5 BÓVEDAS TRASERAS EQC21 Y EQC34.

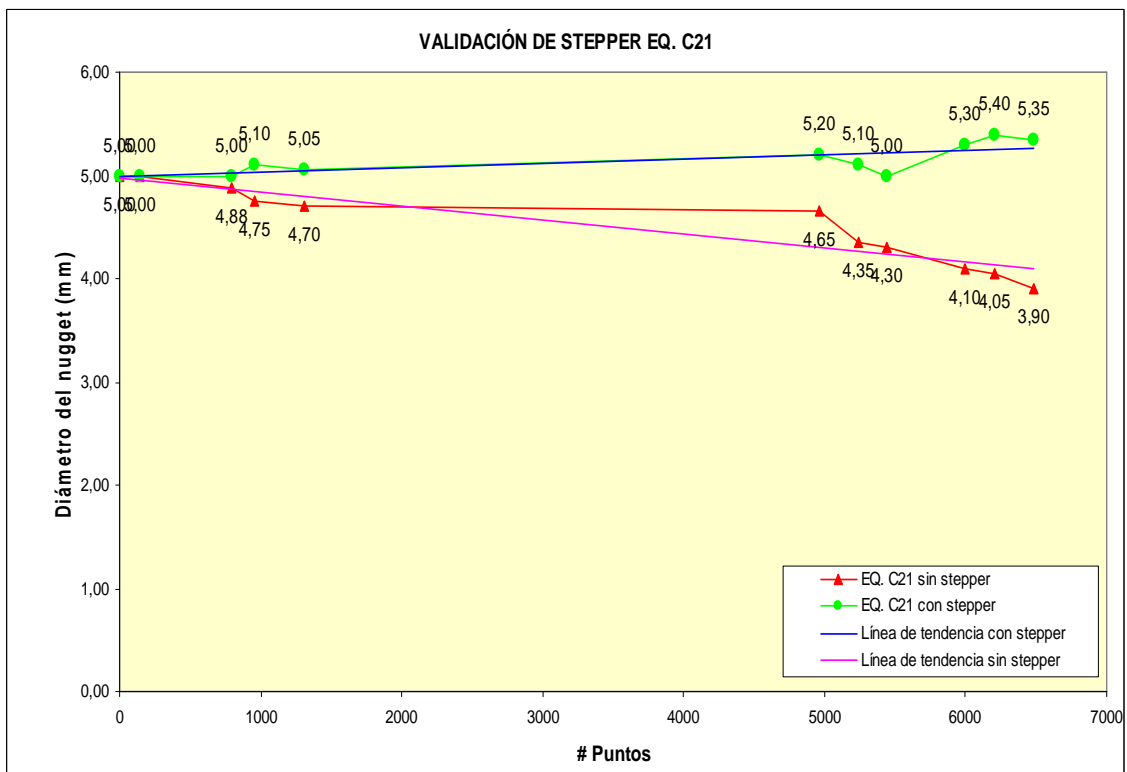





Figura 5.1 Gráfica de Validación EQ C21.

5.3 IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA REEMPLAZO DE CAPS EN EQUIPOS CON STEPPER.

		<p align="center">INSTRUCCIÓN DE TRABAJO</p> <p align="center"><i>Reemplazo de caps en equipos con STEPPER</i></p>	<p>Emisión: 14/03/2008 Revisión: 2 Rev. Nro: 2.0 Página: 1 de 1</p>	
---	---	---	---	---

- **Objetivo:** Definir el método de reemplazo de caps y el control a realizar para asegurar las condiciones para asegurar las condiciones de soldadura.
- **Desarrollo:** Una vez reconocido el bloqueo del equipo por Stepper:
 - a) Bloquear el equipo utilizando el paro de emergencia de la caja de CRS.
 - b) Cortar el flujo de agua del sistema de enfriamiento y verificar el rango en el sensor.
 - c) Sacar los caps con playo de presión sin dañar el contorno.
 - d) Colocar los caps nuevos o fresados.

Nota: Siempre se deben cambiar los dos caps y se debe verificar que los que se van a colocar tengan la misma o similar longitud entre ellos para evitar desalineación.

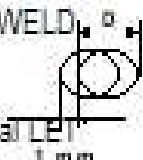
- e) Ajustar los caps al adaptador con golpe leve de martillo.
- f) Conectar el flujo de agua del sistema de enfriamiento y verificar el rango en el sensor.
- g) Desbloquear el equipo retirando el paro de emergencia.



RESET

- h) Resetear el stepper de la suelda de punto bloqueada del equipo.
- i) Colocar el selector de soldadura en NO WELD.
- j) Verificar visualmente la alineación de los caps transversal y verticalmente **No > 1mm**.
- k) Notificar a Mantenimiento si se detecta desalineación.
- l) Colocar el selector de soldadura en WELD.
- m) Verificar funcionamiento del equipo.




Nota: Entregar los caps reemplazados al



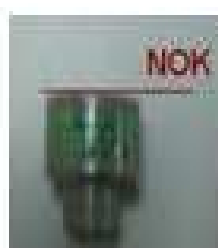
PRODUCCIÓN	Revisado:	Firma:	Fecha:
MANUTENIMIENTO	Revisado:	Firma:	Fecha:
CALIDAD	Revisado:	Firma:	Fecha:
PROCESOS	Revisado:	Firma:	Fecha:

Realizado por: José Guálchico

5.4 IMPLEMENTACIÓN DE PROCEDIMIENTO PARA FRESADO DE CAPS EN EQUIPOS CON STEPPER.

		<p align="center">INSTRUCCION DE TRABAJO Fresado de caps para equipos con STEPPER</p>	<p>Emisión: 14/02/2008 Revisión: 2 Rev. Nro: 2-2 Página: 1 de 3</p>	
---	---	--	--	---

- **Objetivo:** Definir el procedimiento de fresado de caps y el control de calidad a realizar para asegurar las condiciones de soldadura.
- **Desarrollo:** Al recibir los caps usados del equipo con stepper:
 - a) Verificar la tolerancia de uso de los caps utilizando la galga calibrada, el enrase del cap con la galga determinará la no validez del mismo.






- b) Colocar la cuchilla adecuada en el adaptador de la máquina fresadora, dependiendo del tipo de cap a fresar (redondo o cónico).



- c) Colocar el cap en el portacap y ajustar con golpe leve de martillo.
- d) Verificar la perpendicularidad de la fresadora y concentricidad de la cuchilla con el cap (utilizar los topes de la corredera longitudinal).

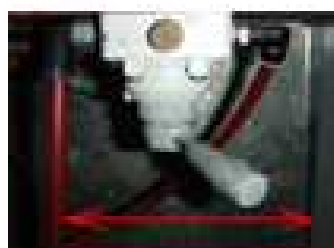
PRODUCCION	Firmado:	Firma:	Fecha:
MANTENIMIENTO	Firmado:	Firma:	Fecha:
CALIDAD	Firmado:	Firma:	Fecha:
PROCESOS	Firmado:	Firma:	Fecha:

Realizado por José Guzmán

		<p align="center">INSTRUCCION DE TRABAJO Fresado de caps para equipos con STEPPER</p>	<p>Emisibo: 14/02/2008 Revisión: 2 Rev. Nro: 3-3 Página: 2 de 3</p>	
---	---	--	--	---






- e) Colocar la palanca de la válvula neumática en dirección del portacap que se está utilizando esto garantizará el enfriamiento inicial del mismo por aire.



- f) Accionar el sistema neumático mediante el pulsador verde.
g) Colocar la fresadora sobre el cap utilizando la palanca.



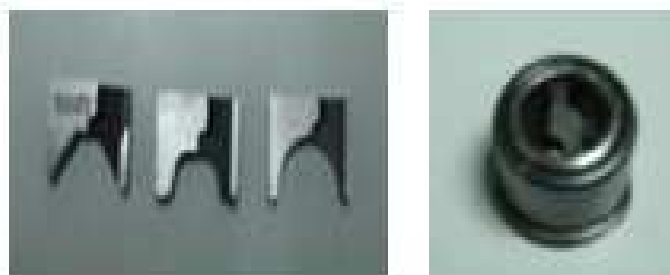
PRODUCCION	Revisado	Firma:	Fecha:
MANUTENIMIENTO	Revisado	Firma:	Fecha:
CALIDAD	Revisado	Firma:	Fecha:
PROCESOS	Revisado	Firma:	Fecha:

		INSTRUCCION DE TRABAJO Fresado de caps para equipos con STEPPER	Emisión: 14/02/2008 Revisión: 2 Rev. Nro: 2-2 Página: 2 de 3	
---	---	--	---	---

- **Objetivo:** Definir el procedimiento de fresado de caps y el control de calidad a realizar para asegurar las condiciones de soldadura.
- **Desarrollo:** Al recibir los caps usados del equipo con stepper:
 - a) Verificar la tolerancia de uso de los caps utilizando la galga calibrada, el enrase del cap con la galga determinará la no validez del mismo.



- b) Colocar la cuchilla adecuada en el adaptador de la máquina fresadora dependiendo del tipo de cap a fresar (redondo o cónico).



- c) Colocar el cap en el portacap y ajustar con golpe leve de martillo.
- d) Verificar la perpendicularidad de la fresadora y concentricidad de la cuchilla con el cap (utilizar los topos de la corredera longitudinal).

PRODUCCIÓN	Revisado:	Firma:	Fecha:
MANTENIMIENTO	Revisado:	Firma:	Fecha:
CALIDAD	Revisado:	Firma:	Fecha:
PROCESOS	Revisado:	Firma:	Fecha:

Realizado por José Guaiterica

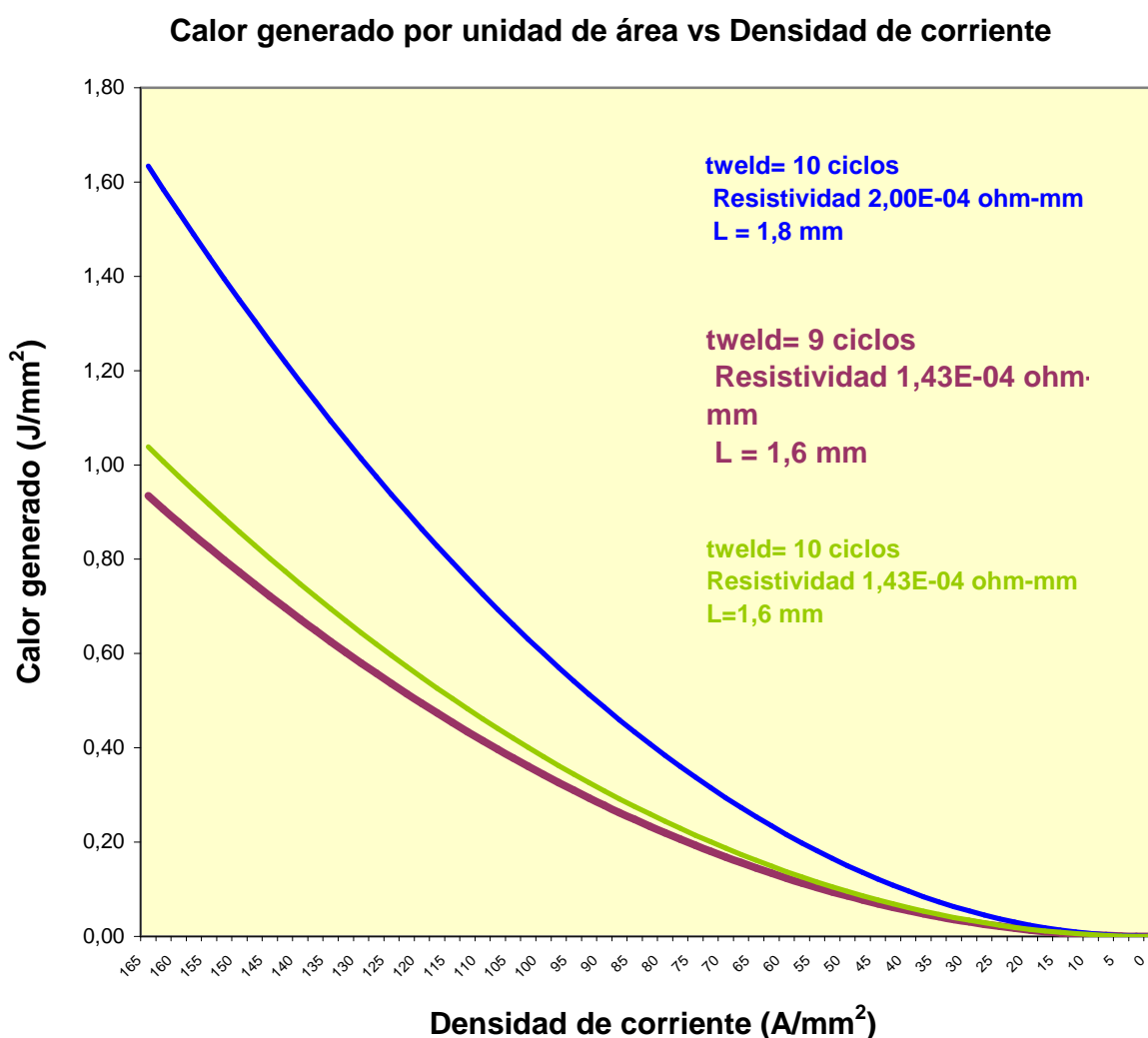
Los procedimientos descritos anteriormente deben ser usados en todos los equipos en los cuales se haya implementado programas stepper para mantener la estandarización en los procesos críticos por soldadura de resistencia.

El Procedimiento para Validación de Programas Stepper del punto 5.1 de este capítulo es de carácter confidencial y de estricto uso del Departamento de Mantenimiento Sueldas, su modificación estará a cargo del Especialista CRS (Control Robots Soldadura) de turno y su aprobación será mediante el Comité de CRS constituido por los departamentos de Producción, Mantenimiento, Calidad y Procesos.

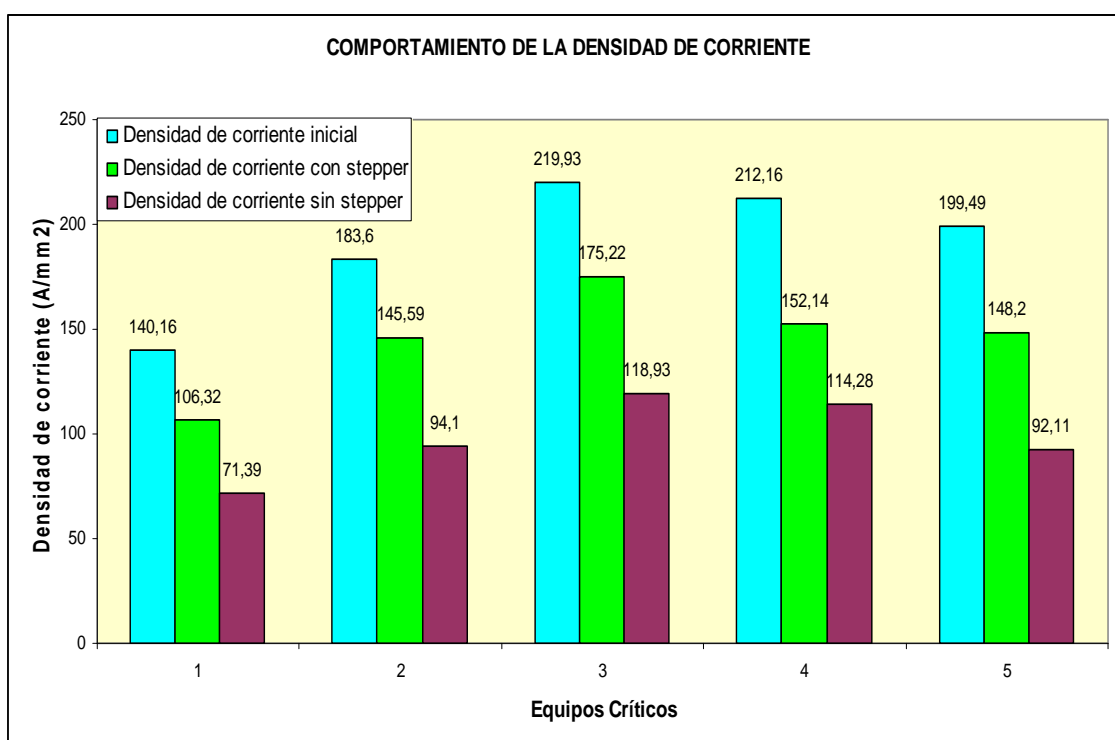
Los Procedimiento para Reemplazo y Fresado de Caps de los puntos 5.3 y 5.4 respectivamente son de carácter no confidencial y de normal uso del personal de producción, por esta razón deberán estar desplegados en la carpeta de trabajo estandarizado de cada Equipo de Trabajo, su modificación estará a cargo del Especialista CRS o el Controlador de Calidad de turno y su aprobación será mediante el Comité de CRS.

CONCLUSIONES

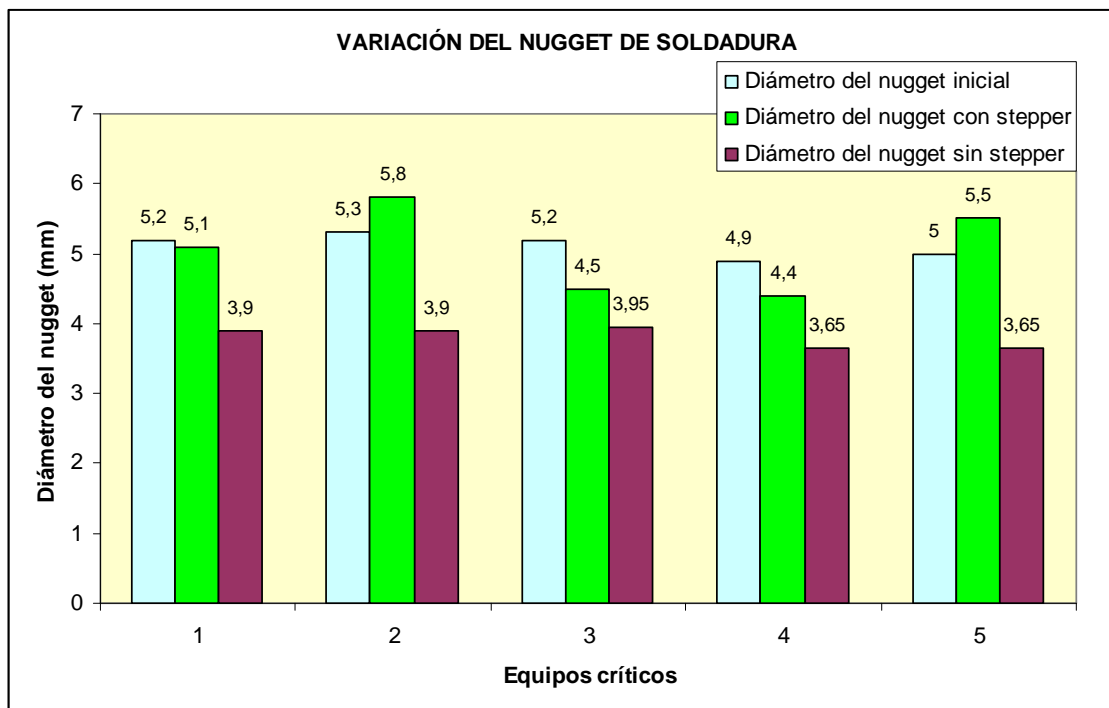
- Al realizar la gráfica de la ecuación del calor con los parámetros manejados en los equipos de soldadura críticos se puede concluir que cuando se tiene una pérdida promedio del 10% en la densidad de corriente, el calor genera una caída promedio de calor del 19%. Este cálculo teórico se lo realizó con el propósito de establecer un criterio de pérdidas de calor para seleccionar la corriente del stepper. Este criterio tiene que considerar varios factores como la resistencia de los caps (que afecta la corriente total del circuito) y otras que están implicadas en el comportamiento de la ecuación de calor.



- Al implementar los programas stepper en los equipos de soldadura críticos por calidad de la Celda Aveo se ha logrado que la densidad de corriente disminuya como máximo a un valor promedio del 25% de la densidad de corriente inicial y se mantenga dentro del intervalo de aceptabilidad para garantizar la calidad del punto de soldadura mientras que sin los programas stepper la densidad de corriente disminuía a un valor promedio del 50% de la densidad de corriente inicial como se ve en la siguiente gráfica.

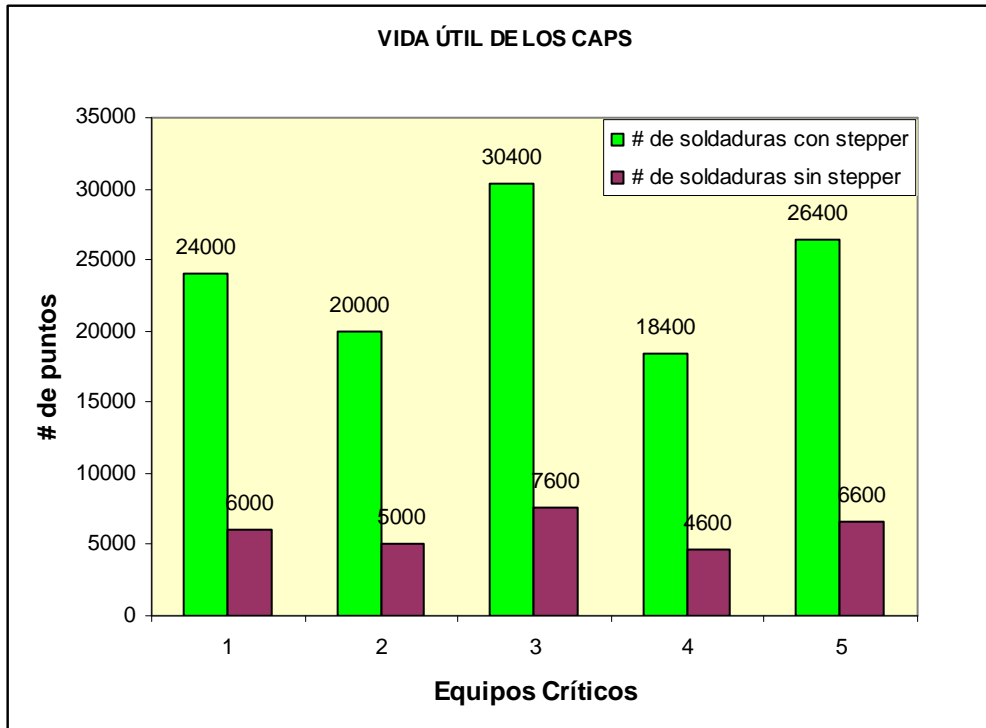


- Al mantener la densidad de corriente dentro de intervalos aceptables con una variación a la disminución del 0 al 25% de la densidad inicial se ha logrado que el nugget de soldadura se mantenga sobre el diámetro especificado de 4mm. en la mayoría de casos rebasa en un 20% el diámetro especificado y en algunos casos rebasa el diámetro inicial de la validación como se puede ver en la siguiente gráfica.



- Mediante el uso de los programas stepper en los equipos de soldadura críticos de la celda Aveo se ha eliminado la variable del limado que era necesaria para recuperar el diámetro inicial en el área de contacto de los caps.
- Con el uso de programas stepper se ha logrado que la vida útil de los caps utilizados en los procesos críticos de soldadura se cuadruple como consecuencia de la estandarización del proceso de recuperación de los mismos llevada a cabo mediante el uso del procedimiento para fresado de caps donde un cap nuevo después de cumplir un ciclo determinado con stepper puede ser recuperado hasta tres veces. Esto se debe a que el cap usado con stepper sufre deformación en el área de contacto pero una mínima variación en su longitud inicial debido al impacto y presión de la soldadura lo que permite su rápida recuperación en el banco de fresado.

La siguiente gráfica muestra una comparación del número máximo de puntos logrados con stepper y sin stepper en los equipos críticos de la celda Aveo.



RECOMENDACIONES

Con el propósito de mantener y mejorar el funcionamiento de los equipos de soldadura críticos por calidad con stepper de la celda Aveo de la planta GM-OBB S.A. se deben tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Se necesita mejorar el caudal de agua del sistema de enfriamiento de la Celda de Soldadura Aveo ya que actualmente los equipos se encuentran trabajando con 3GPM, es decir, el mínimo especificado por los datos técnicos de cada componente del equipo con necesidad de enfriamiento por agua. El caudal óptimo necesario para la normal operación de los equipos sería de 6GPM con el cual se optimizarían los programas stepper para lograr mayor número de soldaduras sin que los elementos de conducción como el cable de fuerza, los brazos y electrodos pierdan sus propiedades por recalentamiento.
2. Implementar un procedimiento de mantenimiento para el control de programas stepper en los equipos de soldadura críticos con el cual se verificaría mediante una frecuencia adecuada todos los factores y parámetros que intervienen en el funcionamiento de los programas.
3. Que el departamento de calidad implemente una Auditoria Específica QCOS para el control de cumplimiento de los estándares de calidad que están vinculados con los programas stepper de los equipos de soldadura.
4. Implementar la comunicación en red de los controladores MEDAR 3000 A.C. ya que mediante este sistema se podría monitorear de una manera mas fácil el estatus de los programas stepper y permitiría una capacidad de respuesta rápida por parte de mantenimiento al

presentarse un problema técnico con los equipos de soldadura críticos con stepper.

5. Vincular el Error Proofing de los sensores de caudal y presión de cada uno de los equipos críticos de soldadura al Sistema Principal del ANDON (Sistema visual y sonoro mediante el cual el operador de producción reporta a mantenimiento un daño en el equipo) con el cual se llevaría una estadística de las anomalías de los equipos y se podría actuar antes de que se generen paradas de producción o discrepancias de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. GM, "GMS Operating Guideline 12.0 Global Manufacturing System" 2007.
2. GM, "GMS Operating Guideline 13.0 Product Quality Standards" 2007.
3. GM, "GMS Operating Guideline 14.0 Manufacturing Process Validation", 2007.
4. GM, "GMS Operating Tool 15.6 Welding In-Process Control & Verification" 2006.
5. Chrysler Corporation, "Welding Maintenance and Instruction Notes", 1966. Editorial M.I. France.
6. Juan Carlos Gil Espinosa, "Soldadura y Materiales", 2000. Editorial Cultural, S.A.
7. Gustavo Barreto, "Manual del Operador Body Shop", 2004.
8. Obara Corporation, "Manual de Mantenimiento de Pistolas de Soldadura" 2002.
9. Obara Corporation, "Instruction Manual Low Reactance Cable" 1999.
10. Obara Corporation, "Portable Spot Welding Transformer" 1999.
11. Obara Corporation, "Portable Spot Welding Gun NOC/NOX" 1999.
12. RWMA, "Recommended Electrode Materials For Spot Welding", 2007
13. WTCO, "Operator's Guide MedWeld 3000 Resistance Weld Control", 2006.

14. GM, "Automotive Welding Handbook", 1996.
15. GM General Motors Engineering Standards, "GM 4488M Automotive Resistance Spot Welds Steel", 2006.
16. GM General Motors Engineering Standards, "GM 9621P Welding Process Control Procedure", 2006.
17. GM General Motors Engineering Standards, "Weld Design Standards Resistance Spot Welding WS-1A", 2007.
18. GM General Motors Engineering Standards, "Weld Verification Procedures Resistance Spot Welding WS-4A", 2006.
19. GM General Motors Engineering Standards, "Weld Testing & Procedures Section A: Resistance Spot Welding Steel and Aluminum WS-5A", 2007.
20. SMC Corporation, "Operation Manual Digital Flow and Pressure Switch", 2007, URL:[http:// www.smcworld.com](http://www.smcworld.com)
21. Miyachi Unitek Corporation "Operation Manual MM-315A Portable Weld Checker", 2007, URL:[http:// www.miyachiunitекcorporation.com](http://www.miyachiunitекcorporation.com)
22. Diverse Technologies "Operation Manual Squeeze Analyzer SQA2", 2007, URL:[http:// www.diversetechologies.com](http://www.diversetechologies.com)
23. Roman Manufacturing "Operation Manual Impedance Tester IM-9I", 2007, URL:[http:// www.romanmanufacturing.com](http://www.romanmanufacturing.com)

**ANEXO A: PRUEBA DE CICEL NO DESTRUCTIVA, CRITERIO VISUAL
PARA SOLDADURA GM4488M Y REGISTRO DE PRUEBA DE CICEL.**

Método y Criterio para inspección de Soldadura de puntos con Cincel

Operación	Punto importante de la operación	Cuidado	Ilustración	Forma Estándar de Cincel
Inspección de calidad de punto de soldadura (Chequeo de Cincel)	Colocar el Cincel entre los paneles cerca de los puntos soldados, sin romper los paneles, y chequear si existe alguna separación entre ellos.	1 - Después del chequeo, reparar los paneles para que tomen la forma anterior 2 - No flexurar los paneles		Medidas Referenciales

Método de Chequeo de Cincel por Separación (1er. turno: 8:00, 10:30, 13:00, 15:00, 2do. Turno: 16:30, 18:30, 21:30, 22:30)

DESCRIPCIÓN		EJEMPLO		POSICION DEL CINCEL
(a) Cuando el largo total de la soldadura es menor a 500 mm., tomar una sección de 5 puntos continuos para el chequeo (siempre que los puntos se hayan realizado con la misma máquina)				
(b) Cuando el largo total de la soldadura es mayor a 500 mm., tomar 2 secciones de 5 puntos continuos cada una para el chequeo (siempre que los puntos se hayan realizado con la misma máquina)				
(c) Cuando el largo total de la soldadura es menor a 200 mm., o el número de puntos es menor a 5, chequear todos los puntos en la sección.				
(d) Cuando los puntos no están en línea recta, tomar 5 puntos para el chequeo				
(e) Cuando los puntos no está en el mismo plano y el número es menor a 5, chequear todos los puntos en la sección.				

Posición y profundidad

para el uso del Cincel



Criterio de Aceptación

- Cuando el total de puntos chequeados es 2 a 5, 1 separación es aceptada como mínimo, siempre que no repita en 3 muestras seguidas
- Cuando el total de puntos chequeados es < a 5, no se acepta ninguna separación


Área	Medardo Calza	Firmas	Área	Victor Galeas	Firma
	Calidad	Fecha	Producción		
		28-julio-2006			28-julio-2006




CRITERIO PARA AUTO-INSPECCION VISUAL DE SOLDADURA DE ELECTROPUNTOS

MODO DE DEFECTO	FIGURA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN EN PUNTOS CLASIFICADOS		OK	NOK
		Seguridad y Críticos (10 WDPV) (3 QCCOS)	Seguridad y Funcionalidad en paneles expuestos (10 WDPV) (9, 5 QCCOS)		
FALTA DE PUNTO		X	X	X	X
AGUJERO O FISURA		X	X	X	X
EN SUPERFICIE		●	X	●	X
		X	X	X	
EN INTERIOR		●	X	●	X
		X	X	X	
PUNTO EN BORDE		●	X	●	X
		X	X	X	
DESVIACION DEL PUNTO		●	X	●	X
		X	X	X	
DISTRORSION F INDENTACIÓN		X	X	X	●
		●	X	●	

Revisado por:	Medardo Caiza	Firma:	Víctor Galeas	Firma:	28-07-2007
Área:	Calidad	Fecha:	23-07-2007	Producción	28-07-2007



REGISTRO RESULTADOS AUDITORIA PRUEBA DE CINCEL F-SUCO-01
Quality Control Operation System



OPERACIÓN: Soldadura de soporte de conexión de alambres del sistema

LINEA: PRIMARIOS

ESTACIÓN: CA-08

MODELO: AVEO

LET: MARIO LINCAIGO

NORMA: GM4488M Criterio

NORMA: ISO 10447 Hoja QCOS: CA-08-01

Prueba de cinzel

FECHA		CONTROL DE MODIFICACIONES		RESPONSABLE
FECHA	DESCRIPCIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
17/11/2016	Emisión			Patricia Armijar

INTRUCCIONES:

- 1 Realizar la prueba de acuerdo al método y criterio de inspección
- 2 Luego de realizada la prueba colocar una señal que indique el resultado OK, NOK.
- 3 Si el resultado es NOK proceder con la retroalimentación y el plan de reacción establecido
 - *Comunicar al LET y LG para verificación y validación de parámetros de suelda.

Seguir el plan de reacción de la Hoja de alarma QCOS suelda


NOTA: EL PROCESO DE MONITOREO DE CALIDAD SERA REALIZADO EN TODAS LAS ESTACIONES CRITICAS DE ACUERDO A CRONOGRAMA


MES / AÑO: Enero-08


Frecuencia del TEST:


Según Paras de Calidad (cada

Identifique

QUIEN	Fecha		1º turno	2º turno
	H	I		
Auditoria QCOS	8:00	16:30		
Auditoria QCOS	10:30	18:30		
Auditoria QCOS	13:00	21:30		
Auditoria QCOS	15:00	22:30		
Auditoria QCOS				







Página

ANEXO B: AUDITORIA DE PROCESO QCOS SUELDA.



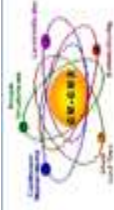
OCOS





General Motors del Ecuador S.A.

Sistema Global de Manufactura

METODO DE AUDITORIA & MONITORIA DE PUNTOS DE SUELDA



PRODUCTO		VERIFICACIÓN		DISCREPANCIAS
AVEO	CAMIONETAS	MÉTODO DE VERIFICACIÓN	MÉTODO DE VERIFICACIÓN	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	PSS - PSP - PSF - ESQ
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
<p>1</p>  <p>Colocar el cincel ENTRE los puntos de suelda</p>  <p>Prueba de cincel con tres</p> <p>NOTA: * Toda la prueba de cincel debe ser hecha en lo posible fuera de los jigs.</p> <p>CRITERIO DE ACEPTACIÓN</p> <p>1) Se toma de referencia el Estandar internacional ISO 10447 para pruebas de cincel</p> <p>2) Referirse a la norma GM 4488M</p> <p>3) Metodo y criterio de la prueba de cincel no destructiva</p> <p>ESTÁNDAR QUE AFECTA</p> <p>Funcionamiento <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Esfuerzo <input type="checkbox"/></p> <p>Apariencia <input type="checkbox"/></p> <p>Ruido <input checked="" type="checkbox"/></p>		<p>1</p> <p>Colocar el cincel entre los puntos de suelda y proceder a golpear con el martillo sobre el cincel enpujar hacia delante y hacia atrás la fusión del punto de suelda. Este proceso aplica para la unión de 2 o 3 chapas</p> <p>2</p> <p>Se procede a enderezar con el martillo los paneles deformados por la comprobación</p>		

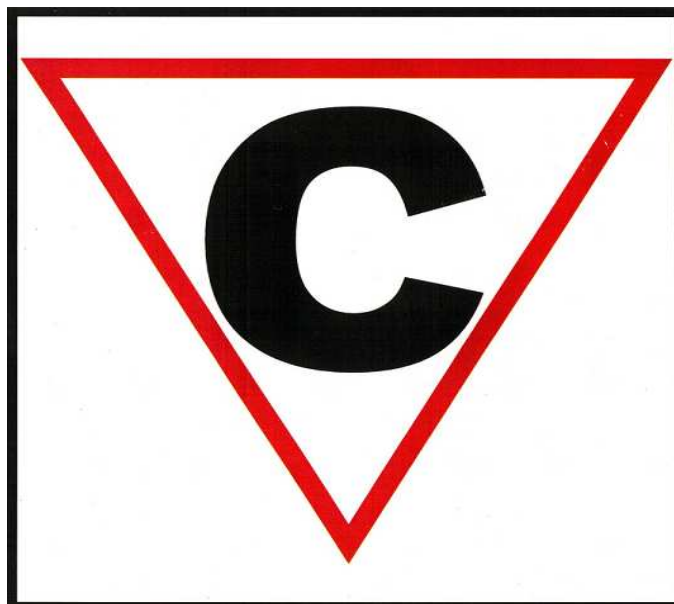
Emitido por : Edgar Vaca
Fecha : 30/04/2007

Aprobado por : Medardo Caiza
Fecha : 02/05/2007

Revisión N°
Fecha :

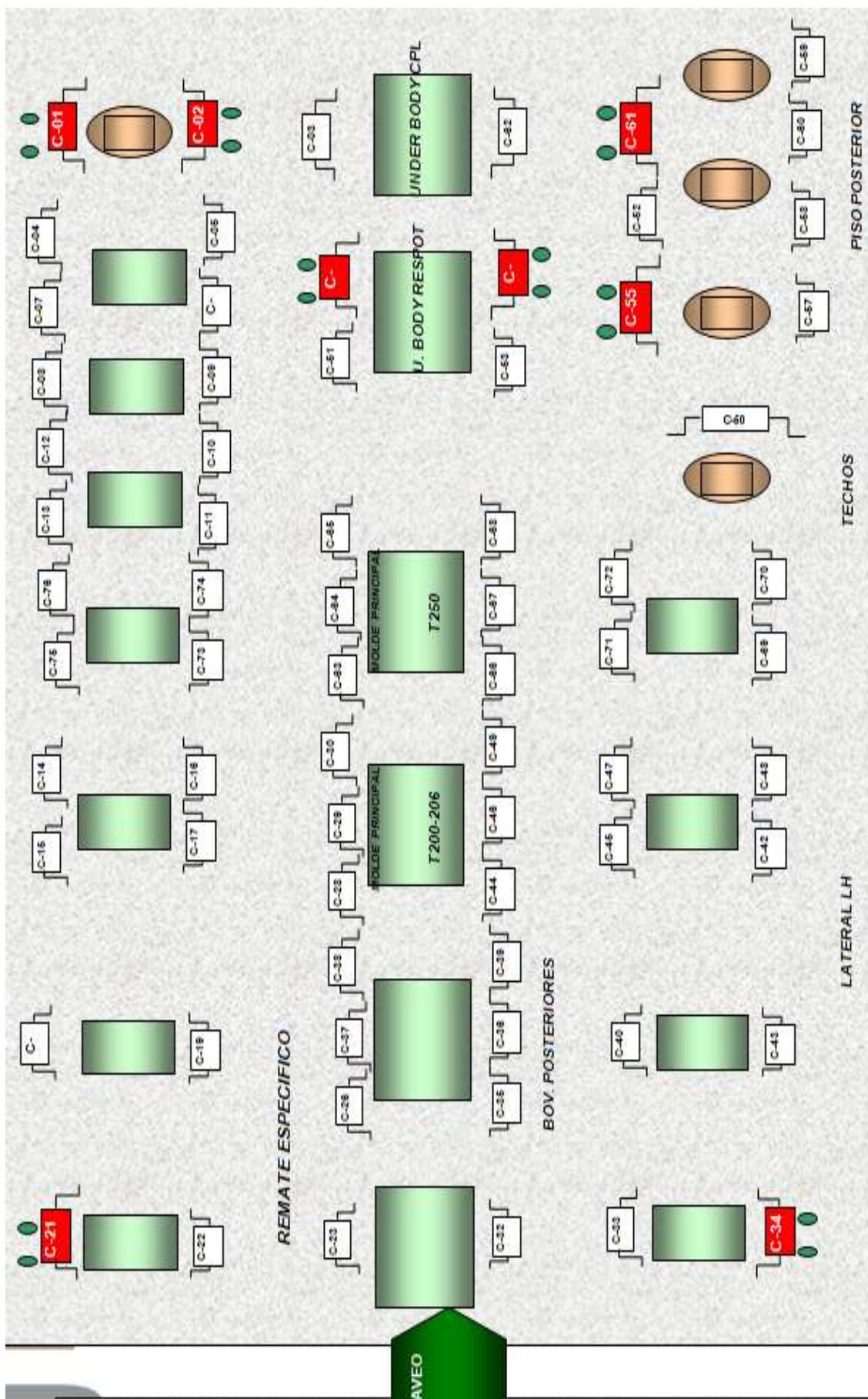
**ANEXO C: IDENTIFICACIÓN DE OPERACIONES Y EQUIPOS CRÍTICOS,
LAYOUT DE EQUIPOS CRÍTICOS.**

LOGOTIPO DE OPERACIÓN CRÍTICA



TARJETA DE IDENTIFICACIÓN DE EQUIPO CRÍTICO

		
CONTROL DE SOLDADURA		
PISTOLA: #1		
MODELO	ESTACIÓN	
TODOS	CA 03	
OPERACIÓN CRÍTICA	EQUIPO N°	
	C01 COD.MAX: 20178	
TIPOS DE CAPS		
CAP FIJO	CAP MOVIL	
		
CODIGO: 4-TP1049	CODIGO: 4-TP1049	
DISTANCIA ENTE CAPS:	42 mm	
ESPECIFICACIONES WELD DATA SHEET		
FUERZA	670	Lbf.
CORRIENTE BAJA DOBLE	9	KA
WELD 1	10	Ci.
CORRIENTE ALTA DOBLE	10	KA
WELD 2	12	Ci.
PRESIÓN	55	PSI
	0	Mpa
DIAMETRO DEL CILINDRO	190	mm
ELABORADO POR: JOSÉ GUALICHICO(MANTEENIMIENTO SUELDAS) 11/10/2007		



**ANEXO D: ORDEN DE TRABAJO EMITIDA MEDIANTE SOFTWARE DE
MANTENIMIENTO MÁXIMO.**



Informe Detalles de la orden de trabajo # : 166763

GM Ecuador - Quito Plant

Nivel Sup/Padre N° OT :

Semana : 52

Plan de Seguridad : N/A

Tipo de trabajo : P01

MP : 201452

Solicitado por : Jorge P. Amagua S.

Estado : WSCH

Plan de Trabajo : 5202

MP 2 de Sp. Pistola Izquierda (Equipo C01) Aveo

Descripción :

Prioridad	Fecha de terminación programada	Fecha inicio prog.	Fecha Final Programada	Fecha Real
-----------	---------------------------------	--------------------	------------------------	------------

2 28/12/2007

03/12/2007

Ubicación : BS.SAV/PD01

CAFM :

PISO DELANTERO

Equipo : 20178

¿Funcionando? N

Localización : BS.SAV/PD01.S011

Sp. Pistola Izquierda (Equipo C01)

Dpto / Responsable	Especialidad principal	Grupo	Supervisor
--------------------	------------------------	-------	------------

MBS01 162009 EQUIPO3 José L. Gualichico G.

Clase de MP	Frecuencia MP	Unidad	Secuencia	Tipo MP
-------------	---------------	--------	-----------	---------

NORM 16 SEMANAS TIME

Plan de Trabajo

Descripción : P2 Suelta de Punto

ID de tarea	Punto de medición	Valor	Fecha	Observaciones
-------------	-------------------	-------	-------	---------------

10 Bloquear y/o etiquetar equipo.

20 Desarmar pistola, reemplazar los items sujetos a desgaste

30 Limpiar y lijar contactos

40 Inspeccionar cilindro de aire de la pistola de soldar

50 Revisar balancines y balanceadores

60 Revisar y calibrar sensor de presión.

70 Engrasar anillo giratorio

80 Revisar cables de control

90 Revisar funcionamiento y/o cambio de elementos Caja CRS.

100 Revisar aislamiento de acometida colgante con la estructura

110 Limpiar circuito de refrigeración (retrolavado) y de todo el equipo

120 Limpiar y baquetear flauta, revisar acoples.

130 Revisar y Limpiar mirilla

140 Revisar y calibrar sensor de caudal.

150 Revisar y reajustar uniones de mangueras en acometida colgante.

160 Revisar estado de tapón y portafiltro

170 Revisar y verificar weld data sheet de parametros.

180 Generar reporte de novedades

ID de tarea	Mano obra	Cantidad	Horas planificadas	Horas reales
-------------	-----------	----------	--------------------	--------------

166763 MC Mecánico 1 5:00

Tiempo de Paro	Tipo de paro	Observaciones
----------------	--------------	---------------

Horas Operacional

No - Operacional

ANEXO E: HOJAS QCOS Y PLAN DE CONTROL.

Plan de Control Producción Celda AVEO

Plata	<input type="checkbox"/>	Pre-Producción	<input checked="" type="checkbox"/>	Fecha Revisado por / Teléfono / E-mail	Fecha Rev: 31/07/2007
N° plan de control	SU-LA-02	SALUD JU, PAJ		449	N° Hojas: 3 Pag N: 1 de 1
N° de pieza / ítem más ramblin (N) plan: CARRINOM. Girzanai					
Muestra de la pieza / Descripción p/ usos: PISO DELANTERO (THE MACHINES)					
Proveedor / Planta: CARROCERIAS AVEO Contacto planta proveedor / Teléfono: GALEAS, Victor					
Aprobación Pareamiento Calidad: CALVACHE, Guillermo					
Aprobación Proyecto / Productor del Proyecto: GALEAS, Victor					
Aprobación Área: GALEAS, Victor					

H Mes	Nº	Nombre del producto / Descripción de la operación / Máquina	Cantidad del p.c. controlada	Riesgo / Nivel de Verificación	Especificaciones y métodos	Muestreo / Método de Control	Plan de Reacción	Revisión de Control
04-08-01	1	Soldadura de la parte superior de la máquina de laminación	3	Alta	ESPECIFICACIONES: F-SUIH-01 / F-SUIH-02 MÉTODOS: ORS, GRV 1405	REGISTRO PRUEBA DE CONTROL	PLAN DE REACCIÓN 0005	NET
04-08-02	1	Soldadura de la parte superior de la máquina de laminación	3	Alta	ESPECIFICACIONES: F-SUIH-01 / F-SUIH-02 MÉTODOS: ORS, GRV 1405	REGISTRO PRUEBA DE CONTROL	PLAN DE REACCIÓN 0005	NET
04-08-03	1	Soldadura de la parte superior de la máquina de laminación	3	Alta	ESPECIFICACIONES: F-SUIH-01 / F-SUIH-02 MÉTODOS: ORS, GRV 1405	REGISTRO PRUEBA DE CONTROL	PLAN DE REACCIÓN 0005	NET
04-08-04	1	Soldadura de la parte superior de la máquina de laminación	3	Alta	ESPECIFICACIONES: F-SUIH-01 / F-SUIH-02 MÉTODOS: ORS, GRV 1405	REGISTRO PRUEBA DE CONTROL	PLAN DE REACCIÓN 0005	NET

Clasificación con certificación:
 Dir. de Gestión de Calidad con adquisición de la norma ISO 9001:2008
 (Sistema de Gestión de Calidad) / Dirección de Gestión de Calidad
 (Sistema de Gestión de Calidad) / Dirección de Gestión de Calidad

**ANEXO F: TRABAJO ESTANDARIZADO DE PRODUCCIÓN CON
OPERACIONES CRÍTICAS.**

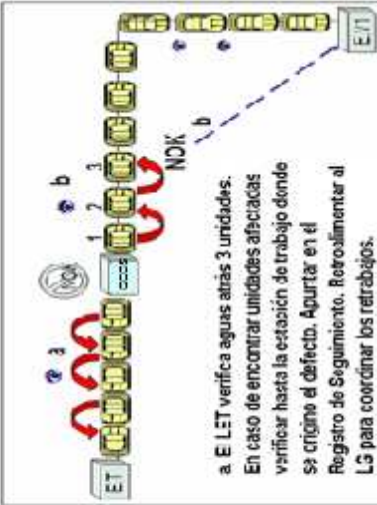
ANEXO G: ESCALONAMIENTO DE ALARMAS, PLAN DE CONTENCIÓN Y REACCIÓN PARA CONTROL QCOS.



Sistema Global de Manufactura
Planificación de Calidad – Manufactura GM - OBB



Escalonamiento de Alarmas y Plan de Reacción para Control Q.C.O.S.

RANGO CCOS	DEFECTO	ALARMA	CANTIDAD	CUENIA/USA	COMUNICACION/ RETROALIMENTACION	PLAN DE REACCION	PLAN DE CONTENCIÓN EN LINEA	
9 y 12 PUNTOS	TORQUE Torque insuficiente, Torque excesivo. Sin ajustar SUELDA Punto de suelda sufado, Punto de suelda abante FLUIDOS Bajo nivel, Sobre nivel, Falta de fluido MANUALES Sin conectar	1	Una operación con defecto (en audición)	Líder de Equipo	Líder de Grupo / M5v1 / Sistema Andon	Barrido de unidades	 <p>a. E LET verifica aguas atrás 3 unidades. En caso de encontrar unidades afectadas verificar hasta la estación de trabajo donde se originó el defecto. Apurar en el Registro de Seguimiento. Retrosalmentar al L3 para coordinar los retrabajos.</p> <p>b. E LET verifica 3 unidades aguas adelante. En el caso de encontrar unidades afectadas, verificara las unidades hasta la siguiente EY.</p>	
		2	Una operación con defecto (en monitoria)	Monitor CCOS	Líder de Grupo / Ing. de Calidad / M5v1 / Sistema Andon	Barrido de unidades y abrir un PFS (nuevo 3 Pasos)		Parada de Línea
		3	Una operación con defecto (después del cierre del 5 Pasos)	Monitor CCOS	Ing. de Calidad / Superintendente / M5v1 / Sistema Andon			
6 PUNTOS	TORQUE Torque insuficiente, Torque excesivo. Sin ajustar SUELDA Punto de suelda sufado, Punto de suelda abante FLUIDOS Bajo nivel, Sobre nivel, Falta de fluido MANUALES Sin conectar	1	Una operación con defecto (en audición)	Líder de Equipo	Líder de Grupo / M5v1 / Sistema Andon	Barrido de unidades		
		2	Una operación con defecto (en monitoria)	Monitor CCOS	Líder de Grupo / M5v1 / Sistema Andon	Barrido de unidades y abrir Tarjeta Azul		
		3	Una operación con defecto (después del cierre de Tarjeta Azul)	Monitor CCOS	Líder de Grupo / Ing. de Calidad / M5v1 / Sistema Andon	Barrido de unidades y abrir un PFS (nuevo 5 Pasos)		

PROCEDIMIENTO PARA ASEGURAR LA SOLUCION DE PROBLEMAS

1.- Para las operaciones críticas de 9 y 12 puntos se abilita directamente un PFS (Nuevo 3 Pasos). Para las operaciones críticas de 6 puntos primero se abilita una tarjeta azul / si el problema persiste luego de



QCOS

General Motors del Ecuador S.A.

REGISTRO DE ALARMA Y SEGUIMIENTO
Quality Control Operation System



SEGUIMIENTO A PPS ó TARJETA AZUL										SEGUIMIENTO A NO CONFORMIDADES EN AUDITORIA DE PROCESO					
FECHA	N° PPS ó TARJETA AZUL	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	MODELO	N° Motor / N° ID / N° Cliente	FECHA DE CIERRE	ESTATUS TARJETA AZUL	FECHA	DESCRIPCION DEL PROBLEMA	PLAN DE ACCIÓN	RESPONSABLE (Nombre y Apellido)	FECHA IMPLER.	ESTATUS	
								⊕						⊕	
								⊕						⊕	
								⊕						⊕	
								⊕						⊕	
								⊕						⊕	
								⊕						⊕	

A C T U A R

FORMATO PARA ORDEN DE ENCUADERNACIÓN

Escuela de Formación de Tecnólogos

ORDEN DE ENCUADERNADO

De acuerdo con lo estipulado en el ART. 17 del Instructivo para la Aplicación del Reglamento del Sistema de Estudios, dictado por la Comisión de Docencia y Bienestar Estudiantil el 9 de agosto de 2000, y una vez comprobado que se han realizado las correcciones, modificaciones y más sugerencias realizados por los miembros de Tribunal Examinador para el proyecto escrito presentado por el (los) señor(es):

Se emite la presente orden de encuadernación con fecha:

Para constancia firman los miembros del Tribunal Examinador:

NOMBRE	FUNCIÓN	FIRMA
Ing. Homero Barragán	Director	
Ing. Mario Granja	Miembro	
Ing. Diego Espinosa	Miembro	

 Ing. Carlos Posso Játiva
 DIRECTOR ESFOT