



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

T
671.52
TOR

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción

ESTUDIO DE LAS FALLAS DE SOLDADURA EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CILINDROS DE ALUMINIO PARA GAS LICUADO DE PETROLEO

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de :

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

ARTEMIO TORRES VILLAMAR

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2005



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

DEDICATORIA

La culminación de mi carrera profesional con la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, se la dedico con mucho afecto, cariño y amor a mi esposa y a mis hijos, quienes con la fe de Dios, han estado pendiente de los logros de este éxito.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi imperecedero agradecimiento a mis padres, quienes con mucho amor y mucho sacrificio me enrumbaron y me prestaron todo el apoyo que siempre necesité para la feliz culminación de mi carrera profesional.

Un eterno agradecimiento a mi Institución(LA ESPOL) y a mis maestros que me extendieron la mano y de quienes me he sentido como Profesional desde la etapa de estudiante hasta estos días, y anhelo que esta compatibilidad se mantenga en la búsqueda de soluciones a los problema técnicos que siempre se presentan en el convivir diario



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Ernesto Martínez L.
DELEGADO POR EL
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

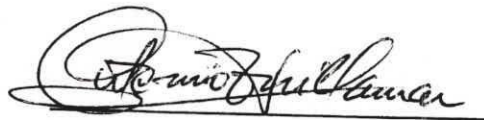
Ing. Ignacio Wiesner F.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Julian Peña E.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Artemio Torres Villamar', written over a horizontal line.

Artemio Torres Villamar

RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo de tesis: Estudio de las fallas de soldadura en el proceso de fabricación de cilindros de aluminio para gas licuado de petróleo, sirve para optimizar la operación de las diferentes etapas del proceso de soldadura, para el efecto se aplicaron técnicas ingenieriles, normas establecidas por el INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, como: INEN No. 117 e INEN No. 291 y normas internacionales como ASTM – B209 y ASTM – B211.

Se realizaron análisis de fallas en las diferentes etapas del proceso de fabricación del cilindro, las mismas que tenían una incidencia directa en el proceso de soldadura.

Se efectuaron pruebas con diferentes parámetros de soldadura como: amperaje, voltaje, velocidad de alambre, caudal de gas, inclinación de pistola de soldar, velocidad de rotación del cuerpo del cilindro, etc.

Además se efectuaron pruebas de laboratorio, aplicando las NORMAS antes indicadas para establecer la calidad del producto.

De todas las investigaciones realizadas, se determinaron las condiciones de operación mas óptimas y se logró mejorar por completo la calidad del proceso de soldadura, eliminando totalmente las fallas con lo cual se consiguió un excelente producto y optimizar la productividad.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO 1

1. PROCESOS DE FABRICACIÓN DE CILINDROS DE ALUMINIO PARA G.L.P.

1.1 Descripción de la Fabrica.....	2
1.2 Proceso de formado de casquetes y partes.....	3
1.3 Proceso de soldadura para formación del cilindro.....	11
1.4 Pruebas de Control de calidad recomendadas	19
1.5 Análisis de fallas en los procesos de fabricación de Cilindros.....	22

CAPITULO 2

2. CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO

2.1 Control de calidad de Materia Prima	34
2.2 Control de calidad de cordones de soldadura.....	42

2.3	Ensayos no destructivos.....	43
2.4	Pruebas Mecánicas de Laboratorio.....	51
2.5	Pruebas de Rotura del Cilindro	57
2.6	Análisis y soluciones en el proceso de soldadura.....	58

CAPITULO 3

3. EVALUACION

3.1	Análisis de la calidad del Cilindro.....	60
3.2	Análisis general del Proceso.....	62

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Conclusiones.....	64
4.2	Recomendaciones.....	65

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

CILGAS	Cilindros y envases de aluminio para gas
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ASTM	Sociedad Americana de ensayos de materiales
ALCAN	Aluminios Canadá
AL.	Aluminio
G.L.P	Gas licuado de petróleo
Psi.	Libras / pulgas ²
Ar.	Argón
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
EE.UU.	Estado Unidos de Norteamérica
n	Atmósfera
Lb/cu.ft.	Libras/ pie cúbicos
m./seg.	Metros/ segundos
kg./cm².	Kilogramos/ centímetros cuadrados
°C	Grados centígrados
10°	Diez grados de inclinación
Amp (A)	Amperios
Vots (V)	Voltios
Pulg./min.	Pulgadas/ minuto
Pie³/hr.	Pie cúbicos/ hora
Kg.	Kilogramo
hr.	Hora
%	Porcentaje
AA	Aleación de Aluminio
API.	América Pipe Internacional

INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1.1	Proceso de formado de casquete.....4
Figura 1.2	Rebordeadora de casquete.....7
Figura 1.3	Base y protector de válvula del cilindro de aluminio.....10
Figura 1.4	Tanques de baño de soda cáustica y ácido Sulfúrico.....10
Figura 1.5	Proceso de soldadura de porta – válvula.....12
Figura 1.6	Equipo semiautomático- tipo mig-para soldadura de porta – válvula.....13
Figura 1.7	Soldadura circunferencial o de cintura16
Figura 1.8	Proceso de soldadura de base y protector de válvula... 18
Figura 1.9	Prueba hidrostática.....20
Figura 1.10	Prueba de estanqueidad.....21
Figura 1.11	Falla de soldadura de porta válvula.....30
Figura 1.12	Prensa hidráulica.....32
Figura 1.13	Falla de soldadura en el proceso de soldadura circunferencial o de cintura.....33
Figura 2.1	Prueba destructiva del material (disco de aluminio – ensayos de tracción).....36
Figura 2.2	Pruebas destructivas del material (disco de aluminio) ensayos de doblado.....37
Figura 2.3	Microestructura de disco de aluminio.....39
Figura 2.4	Ensayos de tinta penetrantes – muestra de domo inferior del cilindro de aluminio.....48
Figura 2.5	Muestra de conformado de casquete50
Figura 2.6	Prueba mecánicas de laboratorio ensayo de tracción- probeta de cordón de soldadura circunferencial.....52
Figura 2.7	Extracción de probeta – pruebas de tracción y doblado de soldadura.....53
Figura 2.8	Extracción de probeta – pruebas de tracción y doblado del material.....53
Figura 2.9	Ensayo de doblado de probeta 2.....55
Figura 2.10	Ensayo de probeta de raíz para probeta 4.....56
Figura 2.11	Pruebas de rotura de cilindro de aluminio.....57

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1	Fallas en el proceso de embutición.....25
Tabla 2	Fallas en el proceso de corte y traslape..... 27
Tabla 3	Estadística de las causas de soldadura defectuosa31
Tabla 4	Materia prima para la fabricación de cilindros de aluminio para gas licuado de petróleo.....38
Tabla 5	Características técnicas del gas de argón (Ar).....41
Tabla 6	Estadística de variación de dureza vs. espesor de material en las diferentes fases del conformado del casquete del cilindro de Al.....49

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de la presente tesis, es la aplicación de conocimientos técnicos, en la búsqueda y solución de los problemas de las distintas fases de los procesos de fabricación del cilindro de aluminio. La investigación del comportamiento del material en cada uno de sus etapas de fabricación.

Los análisis físicos y de laboratorios, la corrección de fallas en cada una de las operaciones de fabricación, el control de calidad ejecutado en cada etapa de fabricación del cilindro de Aluminio y llegar hasta el producto terminado con alto grado de confiabilidad en su uso.

El control de calidad, es un sistema totalmente integrado que permitió a la empresa entregar un producto, en óptimas condiciones, y con ello dar una garantía total al uso del cilindro de aluminio.

El trabajo de Laboratorio fue realizado en la ESPOL, los resultados que están contenidos en esta tesis y por intermedio de los mismos se pudieron resolver los problemas de producción y calidad que afectaban a la empresa.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

CAPÍTULO 1

1. PROCESOS DE FABRICACIÓN DE CILINDROS DE ALUMINIO PARA G.L.P.

1.1 Descripción de la Fabrica

La fabrica de cilindro de Aluminio se denomina Cilindros y Envases de Aluminio para Gas, cuyas siglas son "CILGAS", la función principal para la cual fue constituida, de Aluminio para envasar gas licuado de petróleo su origen nace en la ciudad de Panamá, donde existe actualmente la fabrica, y el objetivo principal era dar un mejor servicio al consumidor, toda vez, que el cilindro de aluminio, es más higienico pesa la tercera parte de lo que pesa el cilindro de acero y las características técnicas de fabricación son eminentemente confiables.

Estudios comparativos de cilindros de acero de diferentes procedencia, con el Cilindro de aluminio en estado operativo se demostró que su fabricación es excelente. Además no requiere mantenimiento

Periódico, como los que se realiza a los Cilindros de Acero en diagrama adjunto, se observa la distribución de Equipos y maquinarias para la fabricación de cilindros de Aluminio para G.L.P.

1.2 Proceso de Formado de casquetes y partes

En el proceso de embutición para la fabricación de cilindros de aluminio para Gas Licuado de Petróleo, intervienen tres elementos básicos:

- Prensa Hidráulica
- Juego de matrices
- Disco de Aleación de Aluminio

Prensa Hidráulica

Es un equipo, que básicamente lo componen 2 torres, superior e inferior, las mismas que son móviles, accionadas por un sistema hidráulico, para efectos de sincronización y un panel de mandos, desde donde se opera el equipo.

Juego de matrices

Esta compuesto por tres piezas que son:

Anillo Matriz.-

Es la matriz con su radio de curvatura, a través de todo el perímetro interior del anillo y que permite el deslizamiento del disco de aluminio, va montando sobre la torre superior.

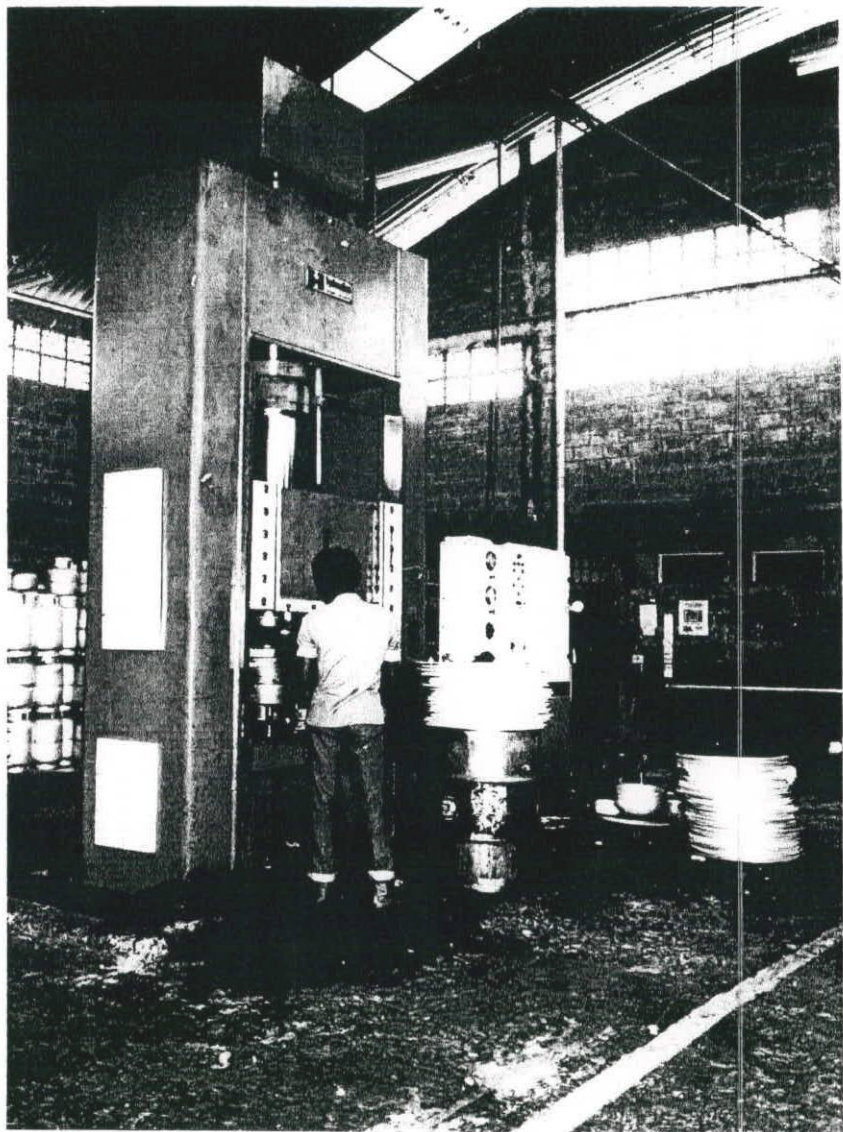


FIGURA 1.1 PROCESO DE FORMADO DE CASQUETES

**Anillo prensa chapa.-**

En este anillo se coloca el desarrollo de la pieza a embutir o disco de aluminio, el mismo que es alineado con el anillo matriz. El anillo prensa chapas, montado sobre ejes verticales de la torre inferior, que tienen como función principal, permitir un óptimo paralelismo del anillo de prensa chapas.

Disco de Aleación de Aluminio.-

Es el desarrollo de la pieza, el proceso de embutición inicia con la ubicación del disco de aluminio en el anillo de prensa chapas, accionando el Panel de Control, sincronizamos anillo matriz, anillo prensa chapas y punzón, previo a un ajuste manual de las partes en mención se inicia la operación de embutición, que para nuestro caso es embutición profunda en función de la altura de la pieza , que la llamaremos casquete, la misma cuyo rango está entre 260 y 320mm, dependiendo de la capacidad del cilindro que vamos a producir. Se embuten dos piezas indistintamente, la una con una perforación en el centro del domo que se llama casquete superior, y la otra sin perforación , que se llama casquete inferior.

En el proceso de embutición se consideran tres parámetros importantes y que determinan una buena pieza embutida:

- Presión de embutición
- Velocidad de embutición
- Lubricación de juego de matrices y disco de aluminio.

La presión de embutición debe ser de $60 \text{ y } 80 \text{ Kg/cm}^2 + 2 \text{ Kg/cm}^2$ dependiendo de la altura del casquete que se va a producir.

La velocidad de la embutición es de 0.5 m/seg . Aprox. La lubricación debe ser completa, en cada operación o cada pieza a embutirse; deben limpiarse y lubricarse el juego de matrices y el desarrollo de la pieza a embutir.

Proceso de corte de casquetes

El proceso de corte de los casquetes se lo ejecuta en una máquina de corte circunferencial, tipo neumática, por lo que permite un buen centrado de la pieza para la operación de corte. Para el corte del casquete superior, se utiliza una cuchilla circular de acero templado con su radio de curvatura, que realiza el conformado del traslape y al mismo tiempo corta las irregularidades del casquete producto de la embutición.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

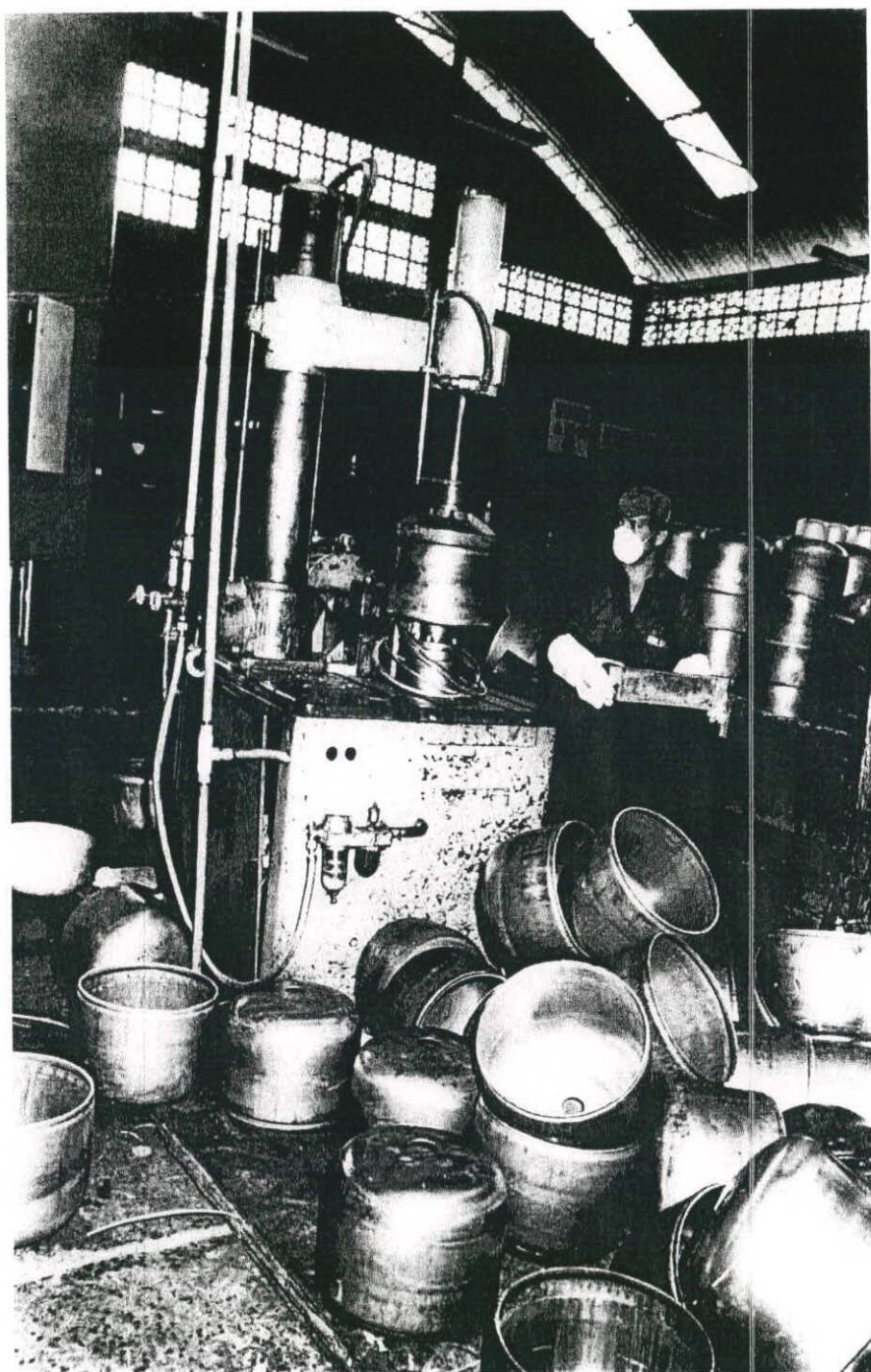


FIGURA 1.2 REBORDEADORA DE CASQUETE

Para el corte del casquete inferior se utiliza una cuchilla circular de acero templado, tipo plana. La misma que corta las irregularidades del casquete producto de la embutición.

El proceso de corte de casquetes, requiere una excelente calibración de la máquina y sincronizado de las partes que intervienen en el proceso del corte de casquetes, superior e inferior, para que éstos puedan ser juntados con precisión manual, para el proceso de soldadura circunferencial.

Proceso de Porta-válvula.-

El Porta – válvula es una pieza roscada interiormente, tipo 20-14NTP-Y, según norma INEN 117 e igual a $\frac{3}{4}$ -14NGT, se la elabora de una barra hueca de aluminio AA-6061T6 extruido, tipo ASTM-B211, cuyo proceso es de corte-máquinado, roscado, numerado, decapado y lavado, de esta forma la pieza está apta para la fase de soldadura .

Proceso de Base

La base del cilindro de aluminio es una corona circular cerrada, es producto de un fleje de aleación de aluminio AA-5052H34; tipo ASTM-B209; cuyo proceso de producción es; corte-rolado-soldadura-

doblado-decapado-y lavado; en estas condiciones la pieza está apta para la siguiente etapa.

Proceso de Protector

La elaboración del protector de válvula o también llamado agarradera del cilindro, es una corona circular abierta a 300°, que es producto de un fleje de aleación de aluminio AA 5052H34 tipo ASTM-B209, cuyo proceso de producción es: corte-estampado-rolado-doblado-decapado y lavado, con estas condiciones el protector está apto para su futura etapa que es soldadura

Proceso de decapado o limpieza de casquetes y accesorios

El proceso de decapado o desengrasado de los casquetes y demás piezas que conforman el cilindro de aluminio para gas licuado de petróleo, consiste en sumergir automáticamente todas las partes indicadas en un baño de Soda Caústica diluida, la misma que debe estar a una temperatura de 80°C y cuya propiedad consiste en efectuar un desengrasado total e integral de las piezas sumergidas, seguidamente y en forma automática las partes se sumergen en un baño de ácido sulfúrico diluido, igualmente a 80°C, con la finalidad de neutralizar los residuos de Soda Caústica.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.



FIGURA 1.3 BASE Y PROTECTOR DE VÁLVULA DEL CILINDRO DE ALUMINIO

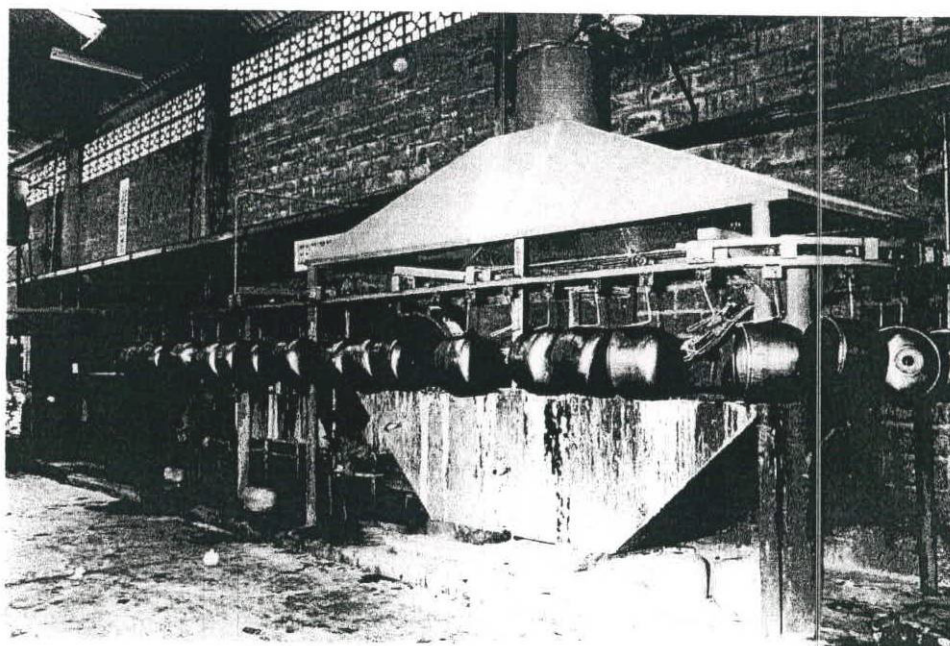


FIGURA 1. 4TANQUES DE BAÑO DE SODA CAUSTICA Y ACIDO SÚLFURICO

El proceso de decapado o desengrasado, termina sumergiendo o lavando manualmente todas las partes del cilindro en un baño de agua potable, a temperatura ambiente, con el objeto de eliminar todos los residuos de ácido sulfúrico.

Los grados de basicidad y acidez son controlados periódicamente con un dencímetro, para determinar un buen proceso y minimizar los gastos de productos químicos utilizados en esta operación.

Este proceso o desengrasado, se lo realiza utilizando un transportador automático, donde se colocan todas y cada una de las partes del cilindro.

Dos tinas tipo trapecio invertido son utilizadas, una para el baño de Soda Caústica diluida y la otra para el baño de Ácido sulfúrico diluido, y además un tanque rectangular abierto para el lavado manual con agua potable.

Los dos últimos reservorios son revestidos interiormente con fibra de vidrio, para proteger de la oxidación.

1.3 Procesos de soldadura para formación de cilindro

Para la formación del cilindro los proceso de soldadura se dividen en tres etapas:

- Proceso de soldadura del Porta –Válvula
- Proceso de soldadura circunferencial o de cintura
- Proceso de soldadura de la base del cilindro y
- Protector de Válvula o agarradera

Proceso de soldadura del Porta – Válvula.-

El porta - válvula es una pieza roscada interiormente $\frac{3}{4}$ HPT.

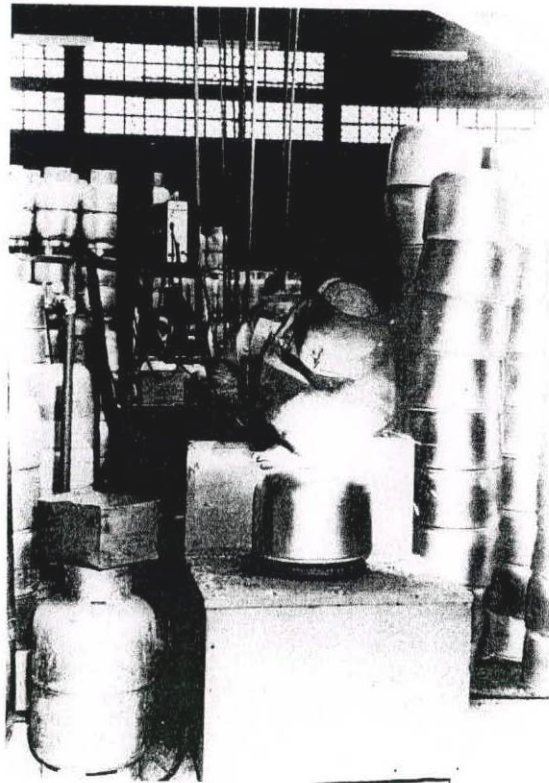


FIGURA 1.5 PROCESO DE SOLDADURA DE PORTA-VALVULA

En el proceso del Porta válvula, intervienen los siguientes elementos:

- Máquina de soldar semi-automatica, tipo MIG
- Equipo Rotativo
- Casquete superior
- Porta válvula

La máquina soldadora, es un equipo semi-automatico, que se componen de una fuente de poder, un tablero de control, al que está instalado un carrete de alambre de soldadura y un cilindro de gas Argón.

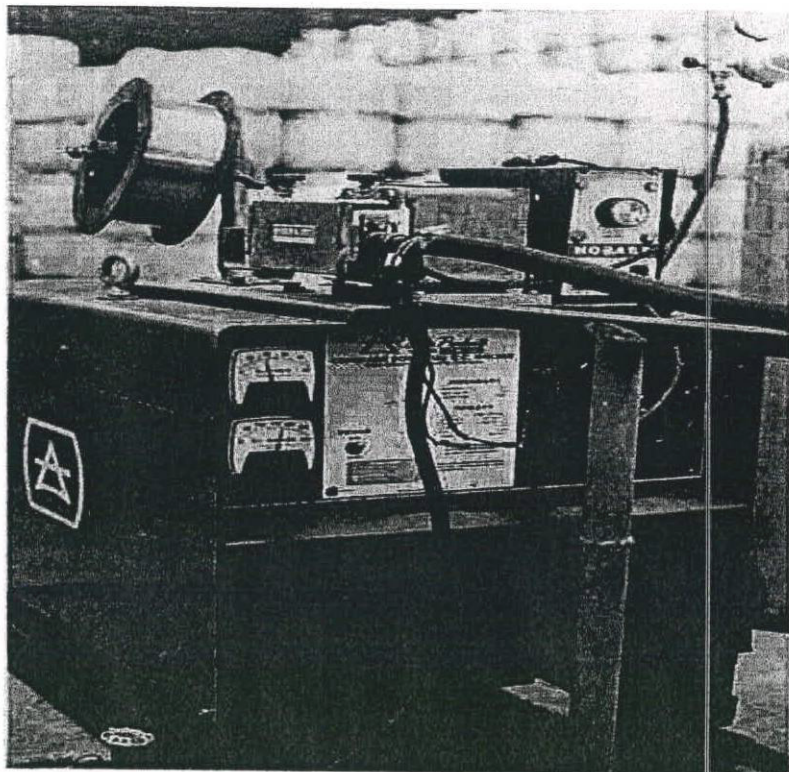


FIGURA 1.6 EQUIPO SEMIAUTOMATICO – TIPO MIG-PARA SOLDADURA DE PORTA-VÁLVULA

El equipo rotativo, está compuesto de un moto-reductor, que transmite movimiento de un eje perpendicular, con un asiento, donde se coloca el porta válvula y sobre éste el casquete superior.

En un instante en que estos elementos se encuentran sincronizados se operan las máquinas soldadoras y rotativa, simultaneamente produciéndose la fusión del material de aporte, que en nuestro caso es el alambre de soldadura, con el material base que son en el casquete y el porta-válvula, de esta forma quedan soldados mediante un cordón de soldadura, para que esta unión sea garantizada y cumpla con determinados parámetros debemos efectuar un total de tres cordones de soldadura consecutivos con la limpieza de la escoria en cada uno de los intervalos del proceso de soldadura.

Los resultados de este proceso son óptimos, las probabilidades de fallas son mínimas, las mismas que se estiman en 1% como consecuencia de los tres cordones de soldadura aplicados, obteniéndose una excelente penetración, muy buena fusión exentos de porosidades y mordeduras.

Características de Operación:

Amperaje: 200 Amp

Voltaje: 26V

Velocidad de Soldadura: 75 pulg/min.

Caudal de Gas Argón: 40 pies³/hr

Proceso de Soldadura Circunferencial o de Cintura .- El proceso de soldadura circunferencial o de cintura, es uno de los procesos que reviste mucha importancia, en función de que se convierte en el más crítico de todos los procesos, y las exigencias de la calidad del cilindro, se centran en un buen cordón de soldadura de cintura..

En este proceso igualmente intervienen tres elementos básicos e importantes que son:

- Casquete Superior y Casquete Inferior, los mismo que son juntados manualmente y a determinada presión formando así el cuerpo cilíndrico.
- Un sistema de acoplamiento del cuerpo del cilindro, compuesto por un banco metálico, donde se coloca el cuerpo del cilindro; un plato es fijo, y el otro móvil, accionado neumáticamente en el sentido axial. El conjunto es movido radialmente por un equipo electromecánico y listo para el proceso de soldadura de cintura.

- Una fuente de poder acoplado con un trastero electrónico y la pistola de soldar.

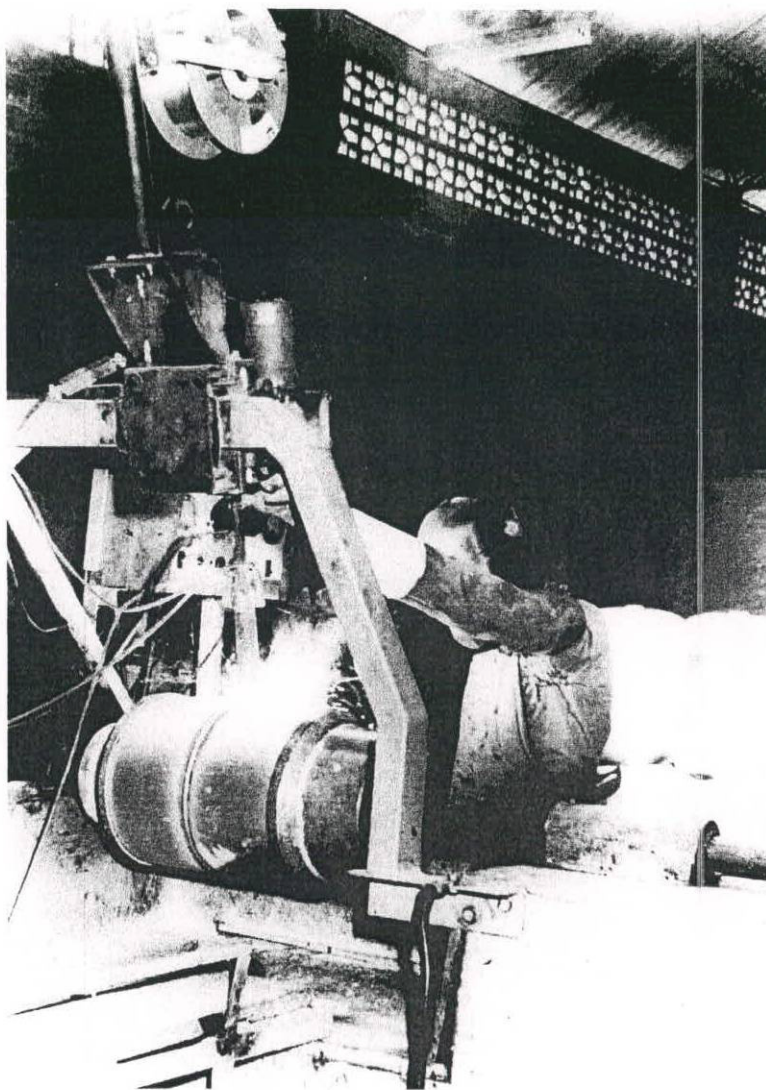


FIGURA 1.7 SOLDADURA CIRCUNFERENCIAL O DE CINTURA

Después que se energiza la fuente de poder, se opera el tablero de control, a través del cual se envía la señal a la pistola de soldar, la misma que está montada en la estructura del banco metálico y perpendicular al cuerpo del cilindro, con cierto grado de inclinación (10°) por donde automáticamente y sincronizadamente, fluye el alambre de soldar o material de aporte, el gas protector de soldadura y el agua de enfriamiento de la pistola, en este preciso instante se produce la fusión del material de aporte con el cilindro, que previamente estaba rotando, por lo que se produce el cordón de soldadura en una operación de 50 segundos.

Características de Operación:

Amperaje: 250 A

Voltaje: 28

Velocidad de Soldadura: 30 pulg/min.

Caudal de Gas Argón: 40 pié³/hr.

Proceso de Soldadura de la Base y Protector de Válvula.- El proceso de soldadura de la base y protector (agarradera) del cilindro, es el proceso final de soldaduras.

Este proceso requiere para su ejecución los siguientes elementos:

- Cuerpo del cilindro
- Base y Protector (agarradera)
- Sistema mecánico manual que se lo hace rotar circunferencialmente, dependiendo de la pieza a soldar, donde se montan independientemente, la base, el cuerpo y el protector de válvula del cilindro para la ejecución del proceso de soldadura.

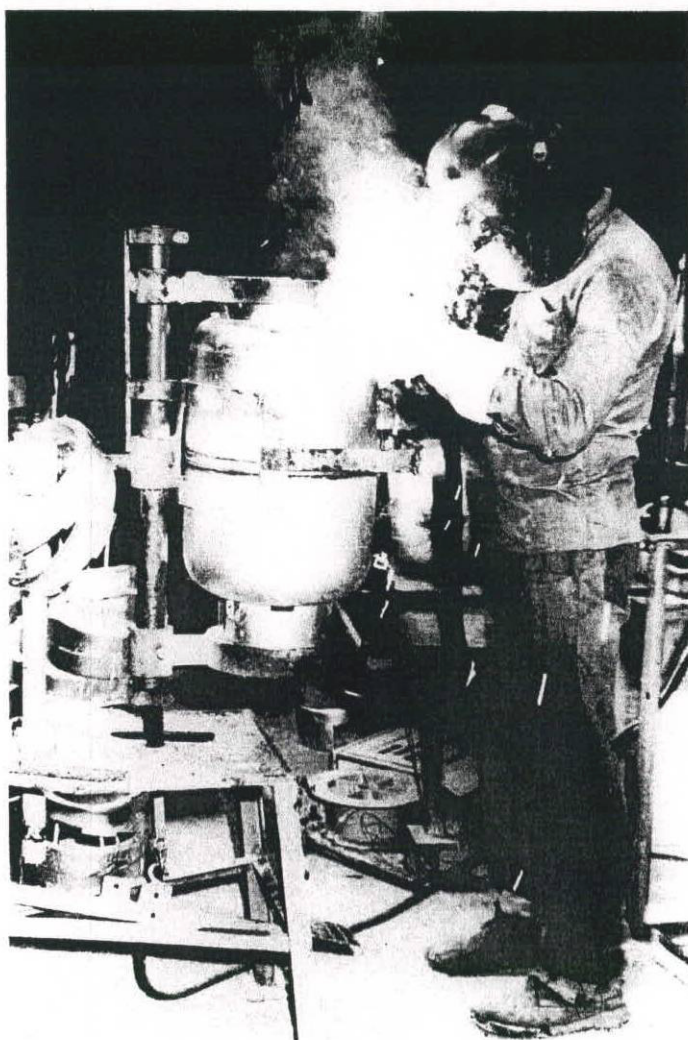


FIGURA 1.8 PROCESO DE SOLDADURA DE BASE Y PROTECTOR DE VÁLVULA

- Fuente de poder, acoplado con un tablero de control semiautomático, al mismo están conectados el carrete de soldadura, energizamos la fuente de poder y operamos manualmente la pistola, desde donde se emite la señal, y por la misma fluyen el alambre de soldar o material de aporte y gas protector, produciéndose de esta forma la fusión entre el material de aporte (alambre de soldar) y los materiales base (protector de válvula/cuerpo del cilindro; base/cuerpo del cilindro), dependiendo de la pieza que se suelda en ese instante, este proceso se lo realiza en una sola operación y 5 cordones de soldadura de una pulgada indistintamente.

Característica de Operación:

Amperaje: 180 A.

Voltaje: 24 V

Velocidad de soldadura: 60 pulg/min.

Caudal de Gas Argón: 40 pie³/hr

1.4 Pruebas de control de calidad recomendadas

Prueba hidrostática.- Una vez que se ha dado por terminado el ciclo de fabricación del cilindro para GLP, éste es sometido a una prueba hidrostática, que para la misma se requieren los siguientes elementos:



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

- Un banco de pruebas que consiste en un tanque abierto rectangular recolector de agua, montado sobre él, un Manifold, con conexiones para acoplar 5 cilindros.
- Una bomba de baja presión para llenado de agua a los cilindros
- Una bomba de alta presión.

La operación consiste en llenar con agua los cilindros, inyectarles presión de agua a 30 kg/cm² y mantener la misma, por el tiempo de un minuto y observar todas las zonas soldadas, para determinar si existen o no fugas, como consecuencias de las fallas que pudieran haberse producido en el proceso de soldadura.

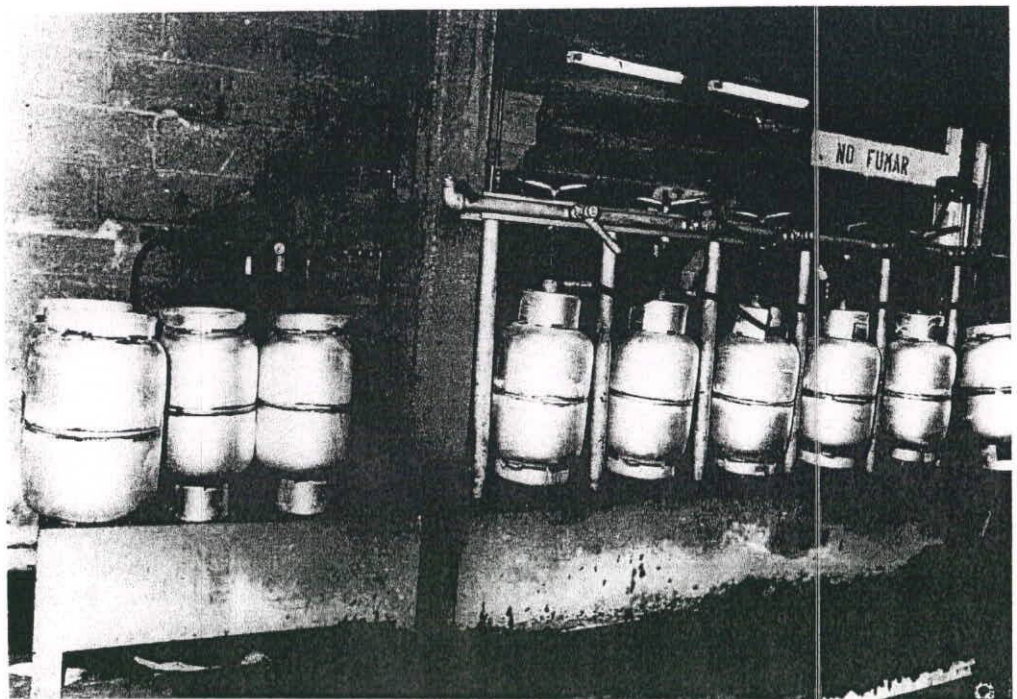


FIGURA 1.9 PRUEBA HIDROSTATICA

Pruebas de estanqueidad.- Para la ejecución de la prueba de estanqueidad, se requieren los siguientes elementos:

- Un recipiente de agua con paredes de vidrio, de forma cúbica y abierto en su parte superior, de tal forma que permita introducir y sumergir manualmente el cilindro. Este tanque está montado sobre rieles verticales y acoplado a un sistema neumático, para su accionamiento.
- El cilindro debe tener su válvula de servicio instalada.



FIGURA 1.10 PRUEBA DE ESTANQUEIDAD

La prueba de estanqueidad consiste en inyectar aire a una presión de 7 kg/cm².

El cilindro es sumergido en el tanque de agua, y por las paredes de vidrio se visualiza si existen o no burbujas de agua en los cordones de soldadura, lo que permite determinar posibles fallas en las zonas soldadas.

1.5Análisis de fallas en los procesos de fabricación de cilindros.

Fallas en el proceso de embutición.- En un proceso de embutición en condiciones normales, se producen fallas, cuando los tres parámetros importantes como presión de embutición, velocidad de embutición y lubricación de los componentes del proceso, no se cumplen siguiendo las normas técnicas.

Pero en nuestro caso en particular, analizaremos las fallas de embutición que se producían por error de cálculo del desarrollo de la pieza a embutirse o disco de aluminio.

Inicialmente la Dirección Técnica de la Fábrica, aceptó la recomendación de los directivos de CILGAS-PANAMA, de utilizar un disco de las medidas de 610x3,2 mm., pero una vez embutida la

pieza o casquete y conformado del cilindro, éste no cumplía con la capacidad requerida, es decir 15 kg. de GLP., es entonces cuando se comienza a utilizar parámetros de embutición fuera de control, lo que implicaba utilizar presiones y velocidades de embutición, mayores o menores, para conseguir una mayor altura de casquete, con resultados negativos y fallas en el proceso de embutición como:

- Roturas de material al inicio de la embutición
- Ralladuras en la cara externa del casquete.
- Roturas del material al final de la embutición.

Estas fallas estaban en el orden del 15% del total de las piezas embutidas, lo que significaba un costo elevado de producción de casquetes.

Con los antecedentes anotados, se procedió a tomar medidas correctivas, en el sentido de encontrar el diámetro adecuado del disco y esto se determinó mediante un cálculo aritmético sencillo, es decir hacía falta 10 mm. de altura del casquete, por lo que se decidió solicitar discos de 630x3 mm., con lo cual el problema de capacidad se eliminó.



Independientemente del análisis realizado, se producen fallas en el proceso de embutición, cuando no se cumplen con los tres parámetros básicos para conseguir una buena embutición.

Fallas de embutición por mala lubricación:

- Ralladuras en la cara exterior del casquete.
- Rugosidades en la cara exterior del casquete.
- Fisuras al pie de la embutición del casquete.

Fallas de embutición por baja presión:

- Roturas de piezas al final de la embutición
- Aumento de dureza del material al pie de la embutición.

Fallas de embutición por exceso de presión:

- Adelgazamiento del material en las paredes del casquete.
- Aumento de espesor del material en las paredes del casquete o final de la embutición.
- Rotura de la pieza al inicio de la embutición.

Como parte de la investigación para determinar una buena pieza, se introdujo al proceso de producción de cilindros, un horno de fabricación doméstica. Las piezas embutidas, se las introducía al horno por el tiempo de 0,5 hr. y a una temperatura indeterminada.

TABLA 1
FALLAS EN EL PROCESO DE EMBUTICIÓN

Nº	CAUSAS	EFFECTOS	OBSERVACIÓN
1	Diámetro de disco de Al. Inadecuado.	• Rotura al inicio de embutición. • Ralladura en la cara externa del casquete. • Roturas al final de la embutición.	• No vale • Menor espesor de pared • No vale
2	Mala Lubricación	• Ralladuras en la cara exterior del casquete. • Rugosidades en la cara exterior del casquete. • Fisuras al pie de la embutición.	• Menor espesor de pared. • Aumento de dureza en zonas afectadas. • No apto para el traslape.
3	Baja presión de embutición.	• Roturas al final de la embutición.	• No vale
4	Exceso de presión de embutición.	• Aumento de espesor al pie de embutición. • Rotura de pieza al inicio- de- embutición.	• Aumento de dureza en zona de mayor espesor • No vale

Este proceso duró el tiempo necesario, para convencernos de que lo único que se conseguía era hacerlo un tanto más dúctil al material, pero sus propiedades mecánicas no variarón, como lo demuestran las pruebas de laboratorio.

Las inverstigaciones y pruebas de embutición con discos de diferentes espesores, determinarán que el disco de aluminio ideal era el de 630 x 2,92 mm., sin tener que pasar la pieza embutida por el horno.

Fallas en el proceso de corte y conformacion de traslape:

En este proceso, las fallas son de dos tipos:

- Fallas de corte del casquete inferior
- Fallas de corte y conformación del traslape en el casquete superior.

Las fallas que se producen en el corte del casquete inferior :

- Corte irregular y como resultado, diferencia de altura del casquete a través de todo el perímetro.
- Diferencia de diámetro, mayor o menor que el requerido.

Cuando estas fallas no eran detectadas en este proceso, repercutían en el proceso de soldadura.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.
F. I. M. C. P.

Causales de las fallas anotadas:

- Mala calibración de la máquina de corte.
- Mala sincronización del equipo de corte.
- Cuchillas de corte desafiladas.

Las fallas que se producían en el corte del casquete superior son:

- Radio de curvatura del traslape, mayor o menor que el requerido, como consecuencia los casquetes quedaban flojos o no se podían acoplar.

TABLA 2

FALLAS EN EL PROCESO DE CORTE Y TRASLAPE

N°	CAUSAS	EFFECTOS	OBSERVACIÓN
1	Equipo descalibrado y desincronizado.	• Corte irregular y diferencia de rotura en casquetes.	• Cuerpo de cilindro mal acoplado y fusión de material base en fase de soldadura de cintura.
2	Cuchillas desafiladas	• Diferencia de diámetro de casquete inferior. (y ó x día).	• Mal acoplamiento de cuerpo de cilindro. • Fallas en fase de soldadura de cintura.
3	Radio de curvatura de cuchilla mal diseñado.	• Traslape irregular.	• Fallas en soldadura de cintura.

Las fallas mencionadas eran ocasionadas por:

- Mala sincronización del equipo de corte.
- Cuchillas desafiladas.

Fallas en el proceso de soldaduras.

Las fallas en el proceso de soldaduras las clasificaremos de dos tipos:

Fallas menores.- Son aquellas que se producen en los procesos de soldadura del porta-válvula; base y protector de válvula, estas fallas corresponden al 1% de la producción y son ocasionados, casi exclusivamente por la mala operación, determinándose:

- Porosidad en la soldadura
- Mordedura en la soldadura.
- Mal acabado.
- Perforación del material base.

Fallas mayores.- Son aquellas que se producen en la soldadura de la cintura y que son producto de muchos factores como:

- Mala operación.
- Cuerpo de cilindro mal acoplado
- Velocidad de alambre inapropiada

- Mala calidad del gas protector de soldadura.
- Insuficiencia o falta de refrigeración de la pistola de soldar
- Mal decapado del área de soldar.
- Inadecuada velocidad de rotación del cuerpo del cilindro.
- Inadecuada inclinación de la pistola de soldar.
- Inadecuada altura de la pistola con relación al cuerpo del cilindro.

Todas estas causas producen las siguientes fallas de soldaduras:

- Falta de penetración.
- Falta de fusión .
- Mordedura
- Porosidad
- Inclusiones de escoria.

Cuando se inició la fabricación de cilindros para GLP., el porcentaje de fallas por soldadura era muy elevado y se encontraba en el orden del 15% de la producción, pero después de investigar las causales mencionadas y corregirlas al mismo tiempo el porcentaje de fallas se lo minimizó al 3y 2% de la producción total.

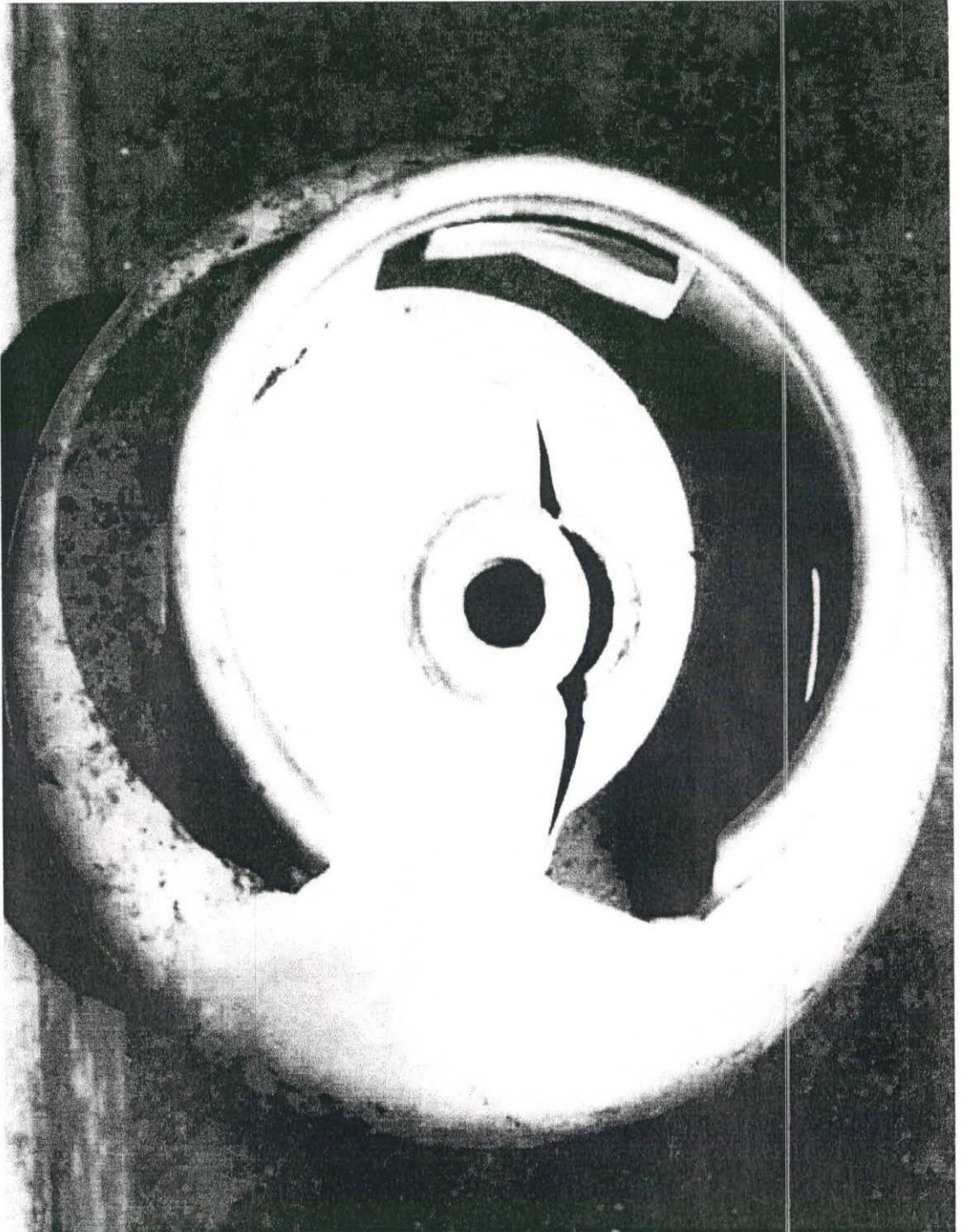


FIGURA 1.11 FALLA DE SOLDADURA DE PORTA VALVULA



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

TABLA 3

ESTADISTICA DE LAS CAUSAS DE SOLDADURA DEFECTUOSA

N°	CAUSAS	EFFECTOS	OBSERVACIÓN
1	Pistola de soldar inclinada hacia atras	Cordon de soldadura negro y angosto.	No vale
2	Pistola de soldar muy inclinada hacia delante.	Cordon de soldadura ancho y blanco	Falta de penetración
3	Pistola de soldar muy alta	Cordon de soldadura angosto y negro	Mordedura a través de todo el cordon de soldadura
4	Pistola de soldar muy baja	Cordon de soldadura ancho	Falta de penetración
5	Bajo caudal de argón	Cordon de soldadura negro	Porosidad concentrada
6	Elevado caudal de argón	Cordon de soldadura blanco brillante	Falta de penetración
7	Bajo voltage de fuente de poder	Cordon de soldadura crudo y muy blanco	Falta de penetración.
8	Elevado voltage de fuente de poder	Cordon de soldadura negro achocolatado	Porosidad concentrada y funde material base
9	Exceso velocidad de alambre de soldadura	Cordon de soldadura achocolatado	Falta de resistencia
10	Baja velocidad de alambre de soldadura	Cordon de soldadura abultado y angosto	Se funde el material base
11	Exceso de velocidad de rotación	Cordon de soldadura angosto	Falta de penetración
12	Baja velocidad de rotación	Cordon de soldadura muy ancho y quemado	Exceso de porosidad y funde material base

Fallas en la selección de equipos

La selección de equipos constituye un rubro importante en un sistema de producción en serie, la misma que incide en los costos de inversión, operación y mantenimiento.

En nuestro caso particular se realizaron dos selecciones negativas que son:

Prensa Hidráulica.- La capacidad de la prensa era de 250 TM, sobredimensionada, para la embutición de casquetes de aluminio, la misma que pudo ser de una capacidad de 150 TM., lo que significaba un aumento de los costos de operación y mantenimiento, independientemente de los costo de la inversión inicial.

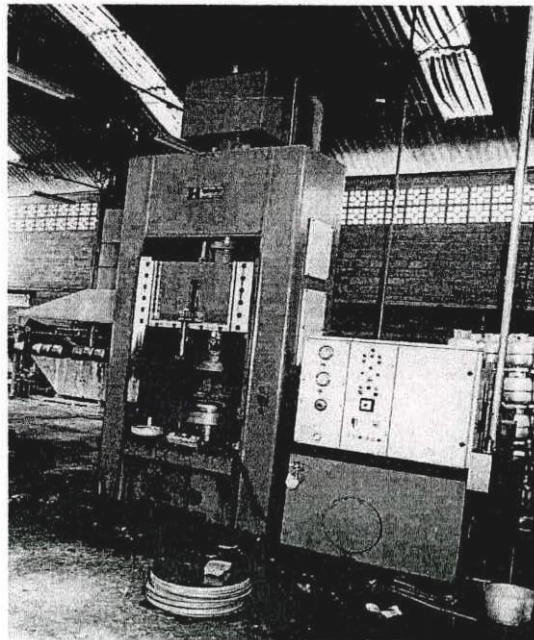


FIGURA 1.12 PRENSA HIDRAÚLICA



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

CAPÍTULO 2

2. CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO

2.1 Control de calidad de Materia prima

En un cuadro estadístico adjunto se clasifica a la materia Prima por partes constitutivas del cilindro, en el que se anotan el tipo de aleación y las especificaciones correspondientes.

Disco de aluminio.- Es la materia prima para la formación de los casquetes, que componen el cuerpo del cilindro. La procedencia del disco de aluminio era de Bélgica o Canadá, dependiendo de parámetros como costos de materia prima, transporte y tiempo.

Los disco de aluminio venían embalados en cajones de madera y separados entre ellos con un papel especial, para evitar que se produzcan rayaduras e inscrustaciones de metal por efecto

de manipuleo y transporte, además mantenían su lubricación de embalaje.

Los controles de calidad que se realizaban al disco de aluminio eran los siguientes:

Inspección visual.- consistía en detectar deformaciones, inscrustaciones metálicas, rayadura y manchas, etc..

Control físico.- Se tomaba un disco por muestreo y se comprobaban determinados parámetros como diámetro y espesor de disco, los mismos que tenían que coincidir con las medidas nominales enviadas por el fabricante.

Pruebas destructivas.- Se tomaba un disco por muestreo y del mismo se sacaban probetas, para efectuar ensayos mecánicos, especificados en la NORMA INEM 121, los mismos que consistían en:

Ensayos de Tracción

Ensayos de doblado

Ensayos metalograficos

Los resultados de las pruebas antes indicadas debían ser compatibles, con los certificados de propiedades mecánicas, del proveedor de materia prima.

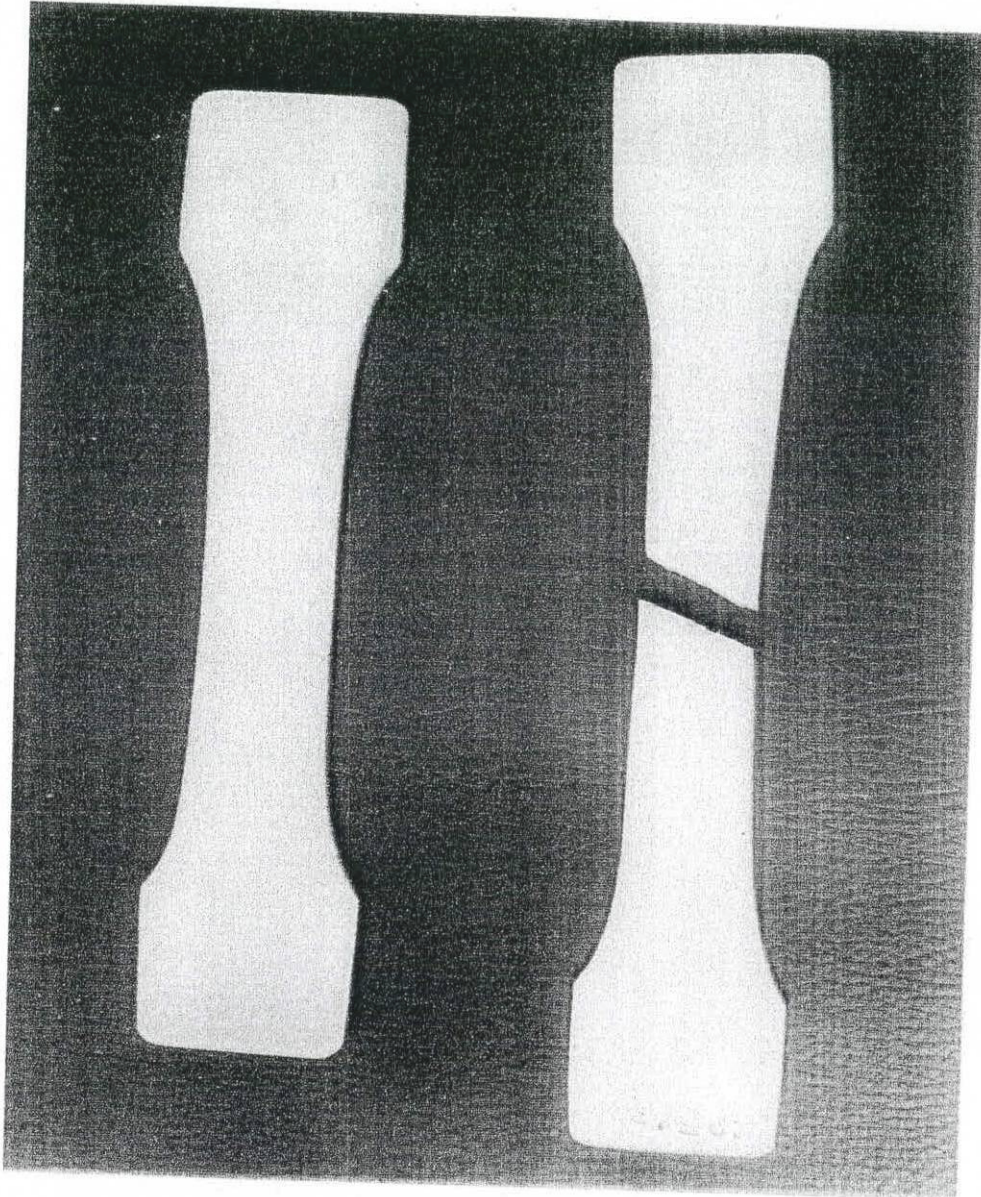


FIGURA 2.1 PRUEBAS DESTRUCTIVAS DEL MATERIAL (DISCO DE ALUMINIO – ENSAYOS DE TRACCIÓN)

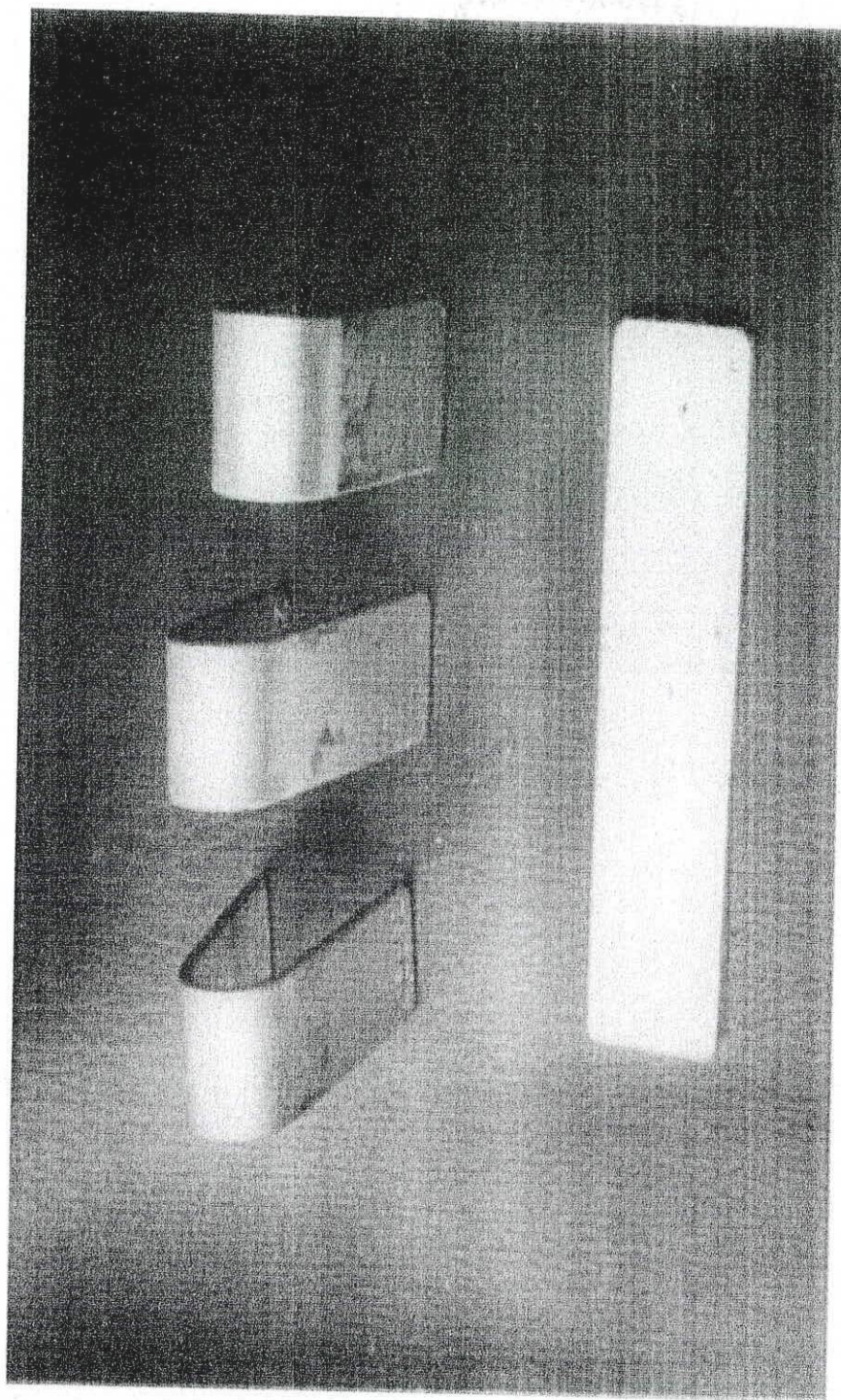


FIGURA 2.2 PRUEBAS DESTRUCTIVAS DEL MATERIAL (DISCO DE ALUMINIO) ENSAYOS DE DOBLADO



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

TABLA 4
MATERIA PRIMA PARA FABRICACIÓN DE CILINDROS DE ALUMINIO PARA GAS LICUADO DE PETROLEO

PARTES	MATERIAL	ALEACIÓN	ESPECIFICACIONES
CUERPO DEL CILINDRO	1. Disco de aluminio.	AA 5086-0	ASTM-B209-65
	2. Alambre de soldadura.	AA-5356	ASTM-B211
	3. Gas protector de soldadura	-----	Argón
PORTA VÁLVULA DE CILINDRO	1. Barra hueca de Aluminio	AA-6061T6	ASTM-B209
	2. Alambre de soldadura	AA-5356	ASTM-B211
	3. Gas protector de Soldadura	-----	Argón
BASE Y PROTECTOR DEL CILINDRO	1. Lámina metálica	AA-5052H34	ASTM-B209
	2. Alambre de Soldadura	AA-5356	ASTM-B211
	3. Gas protector de Soldadura	-----	Argón

Ensayos de Tracción.- Determinan el límite de fluencia, resistencia a la tracción y la elongación del material, los mismos que se muestran en la tabla 1 cuyos resultados debían ser iguales o semejantes a los reportados en el Certificado de Fabricación de discos de aluminio.

Ensayo de Doblado.- Se lo realiza para cumplir con la NORMA INEM 291, relacionada con Fabricación de Cilindros de Aluminio para Gas Licuado de Petróleo.

Ensayos Metalográficos.- Eran un control interno de la fábrica para comprobar el comportamiento de la granulometría antes y después del proceso de Fabricación del Cilindro.

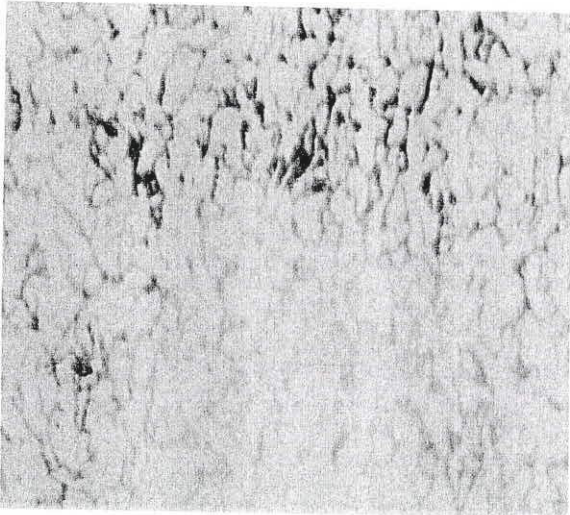


FIGURA 2.3 MICROESTRUCTURA DE DISCO DE ALUMINIO

Alambre de soldadura.- El alambre de aluminio de soldadura era de procedencia de EE.UU. de Norteamérica, venía enrollado en carretes plásticos y embalados en caja de cartón.

Inspección visual.- Consistía en constatar que la envoltura plástica del carrete de alambre de soldadura estuviera totalmente sellada y cada vez que se usaba un carrete comprobar que el interior de este viniera un elemento químico protector de la humedad.

Control físico.- Calibración del diámetro de alambre de soldadura antes de la puesta en operación en cada uno de los carretes.

Lamina metálica.- es la materia prima, para la fabricación de base y protector de válvula del cilindro. La lamina metálica de aluminio. Era procedente de EE.UU. de Norteamérica, su embalaje era en forma de rollo.

El control de calidad de esta materia prima consistía en inspeccionar y comprobar medidas como: ancho y espesor de láminas, además observar presencia de abolladuras, ralladuras o incrustaciones metálicas.

Gas Argón.- El consumo de gas argón correspondía a un mercado exterior 90% y 10% de mercado de producción nacional. El control de calidad de gas argón, se lo ejecutaba en cada uno de las fases de soldadura determinando la presencia de humedad, la misma que se manifestaba inmediatamente de su operación, con operaciones puntuales de grados de porosidad, la que se podían observar visualmente .

TABLA 5

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL GAS ARGON (Ar)

ARGÓN	
Características Físicas:	
Símbolo Internacional	Ar.
Peso molecular	39.944
Densidad a 70F 1atm, lb./cu ft	0.1094
Densidad gas a punto de ebullición, lb./ cu ft	0.356
Densidad liquida a punto de ebullición, lb./cu ft	86.98
Punto de ebullición de 1 atm	-302.6F
Punto de congelación a 1 atm	-308.7F
Temperatura crítica	-138.5F
Presión crítica psi	705.4
Calor latente de vaporización en el punto de derretido, Btu/lb.	70.2
Calor latente de fusión en el punto de derretido, BTu/lb.	12.1
Calor específico, Cp a 70F y 1 atm, Btu/ (lb.) (°F)	0.1252
Calor específico, Cv a 70 F y 1 atm, Btu/ (lb.)(°F)	0.075
Rotación de calores específico Cp/Cv a 70F y 1 atm	1.67



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

Barra hueca de aluminio.- Es la materia prima, para la producción de Porta-válvula del cilindro. Su procedencia era de EE.UU. de Norteamérica. Las barras venían embaladas cada cuatro unidades y envueltas en papeles especiales para evitar oxidación superficial y preservar la lubricación de fábrica.

El control de calidad que se realizaban a las barras huecas de aluminio eran los siguientes:

Inspección visual.- determinar si habían o no las abolladuras superficiales; comparación del color de cada una de las barras huecas.

Control físico.- Comprobación del diámetro exterior e interior a una barra muestra.

2. Control de calidad de cordones de soldadura

Pruebas físicas.- En todas las fases de soldadura del cilindro como:

Soldadura porta-válvula

Soldadura de Cintura o circunferencial

Soldadura de la base y protector de válvula

Se efectuaba un control visual, mediante el cual se observaban determinadas fallas, las mismas que eran susceptibles de corrección, porque normalmente dependían de la Operación del equipo de Soldar, calibrando y sincronizando los parámetros requeridos como: Amperaje, voltaje, velocidad de alambre de soldar, caudal de gas argón, los mismos que estaban en función de los elementos que intervienen en el proceso de soldadura, como metal base, metal de aporte y gas argón.

.3 Ensayos no destructivos

En el análisis de Control de Calidad en la fabricación de Cilindro de Al. Para G.L.P., se determinaron controles internos, los mismos que no eran exigencias del INEN, pero nos permitían mantener una seguridad de un excelente cilindro de Aluminio por lo que se implantó la ejecución de ensayos no destructivos, a la materia Prima y al producto terminado.

En el caso de la materia prima efectuábamos ensayos no destructivos por cada lote de materia prima.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

En el caso de producto terminado realizábamos cada producción de 2000 cilindros a los cordones de soldadura de porta-válvula ó soldadura Circunferencial ó de cintura.

En el control de producción que se realizaba prácticamente, se detectaban fallas, los mismos que podían ser, por mala operación de los equipos o mala calidad de los componentes del cilindro de aluminio.

En tales circunstancias, se tomaba la decisión técnica de efectuar pruebas no destructivas, que en determinados casos no necesariamente eran cada 2000 cilindros de aluminio de producción, y con los resultados de los ensayos, se efectuaban los correctivos correspondientes.

Los ensayos no destructivos que se ejecutaban eran los siguientes

- Ensayos Radiográficos
- Ensayos de Tintas Penetrantes
- Ensayos de Durezas

Ensayos Radiográficos.-

Estos ensayos no destructivos eran realizados por el método de Rayos X, se los efectuaba periódicamente, siguiendo las normas internas de la Fábrica, con la finalidad de optimizar el proceso de fabricación del cilindro de aluminio, específicamente se lo aplicaba a las fases de soldadura circunferencial o de cintura, porque considerábamos que estas fases eran las críticas en el proceso de soldadura.

De los resultados de los ensayos radiográficos obteníamos las siguientes características técnicas de soldadura: Penetración, Fusión Porosidad, inclusiones de escoria y mordedura.

Especificaciones técnicas de Ensayos Radiográficos "Rayos x".-

Película:	Tipo M
Marca:	Kodak=Dupont 55
Distancia fuente:	Película= 36 pulgadas
Kv=	140
MA/min:	2.8
Tiempo:	1 minuto

En el apéndice se podrá observar cuadros estadísticos comparativos de los laboratorios de la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL "ESPOL", de pruebas de Radiografía, a diferentes cilindros de aluminio, muestras de las fases de soldadura circunferencial ó de cintura del cilindro de aluminio, cuyos resultados nos permitían mantener los parámetros de operación de los equipos o cambiarlos en casos requeridos.

Ensayos de Tintas Penetrantes.-

Normalmente estos ensayos se realizaban siguiendo Normas internas de la Fabrica, con relación a la fase de soldadura de porta-válvula, específicamente, cuando se observaba un exceso de porosidad en la soldadura, la misma que en determinados casos era provocada por la mala calidad del Gas Argón y cuyos resultados nos producían a corregir nuestro Plan Operativo en esta fase de soldadura.

Para la ejecución de estos ensayos, se procedía de la siguiente forma:

- Selección de penetrantes colorantes, tipo B-3, removibles con solventes.
- Aplicación de Norma ASTM-165-63.

- Limpieza previa, penetrante, escurrido, remoción, revelador húmedo, inspección y remoción del revelador. Tiempo de penetración: 30 minutos.

Tiempo de Penetración

Penetrantes utilizados:

Penetrante SPOTCHECK.-Cleaner SKC-Nf

Penetrante SKL-HF-DEVELOPER SKD-NF

Este tipo de ensayos lo realizamos también al domo inferior de un cilindro de aluminio, después de una inspección visual realizada a un lote de cilindros; en la misma se observó que uno de ellos presentaba puntos de oxidación en el domo inferior, por lo que se tomó una muestra circular e irregular, para analizar la parte concava, y aplicar Ensayos de Tintas Penetrantes, de acuerdo al método antes indicado, cuyos resultados fueron los siguientes:

- Determinación de 6 zonas afectadas por porosidad.
- Determinación de 43 fisuras muy pequeñas distribuidas al azar.
- Determinación de 1 fisura que atraviesa el material
- Se apreciaron huellas de ralladuras provocadas por la deformación plástica.

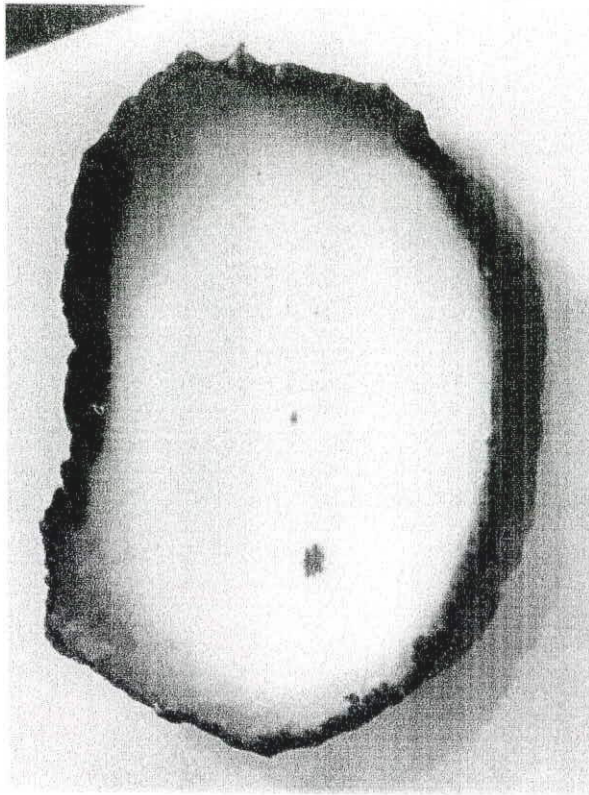


FIGURA 2.4 ENSAYOS DE TINTAS PENETRANTES – MUESTRA DE DOMO INFERIOR DEL CILINDRO DE ALUMINIO

Con estos ensayos de tintas penetrantes a la parte afectada, se comprobó que era por falla de operación en la evacuación del agua después de la Prueba Hidrostática.

Ensayos de Dureza.-

Las pruebas de dureza, normalmente la realizábamos a los casquetes, en sus diferentes fases de operación, para observar la transformación de la dureza del material de la pieza embutida, desde el inicio hasta el final del proceso de embutición, en función de las

variables de presión y velocidades que se aplicaban a la Prensa Hidráulica.

En un cuadro adjunto, se muestran las variaciones del grado de dureza del material en función del conformado del Casquete

TABLA 6

ESTADÍSTICA DE VARIACIÓN DE DUREZA VS. ESPESOR DE MATERIAL EN LAS DIFERENTES FASES DEL CONFORMADO DEL CASQUETE DEL CILINDRO DE AL.

PRUEBA	e(mm)	DUREZA(BHN)
01	2.89	66.8
02	2.85	69.1
03	2.83	69.1
04	2.82	79.6
05	2.82	79.6
06	2.75	79.6
07	2.80	85.7
08	2.89	89.0
09	3.22	92.6
10	3.30	119.0
11	3.50	109.0
12	3.94	109.0

*e = espesor de material=2.92

Grado de dureza nominal=66.0 BHN

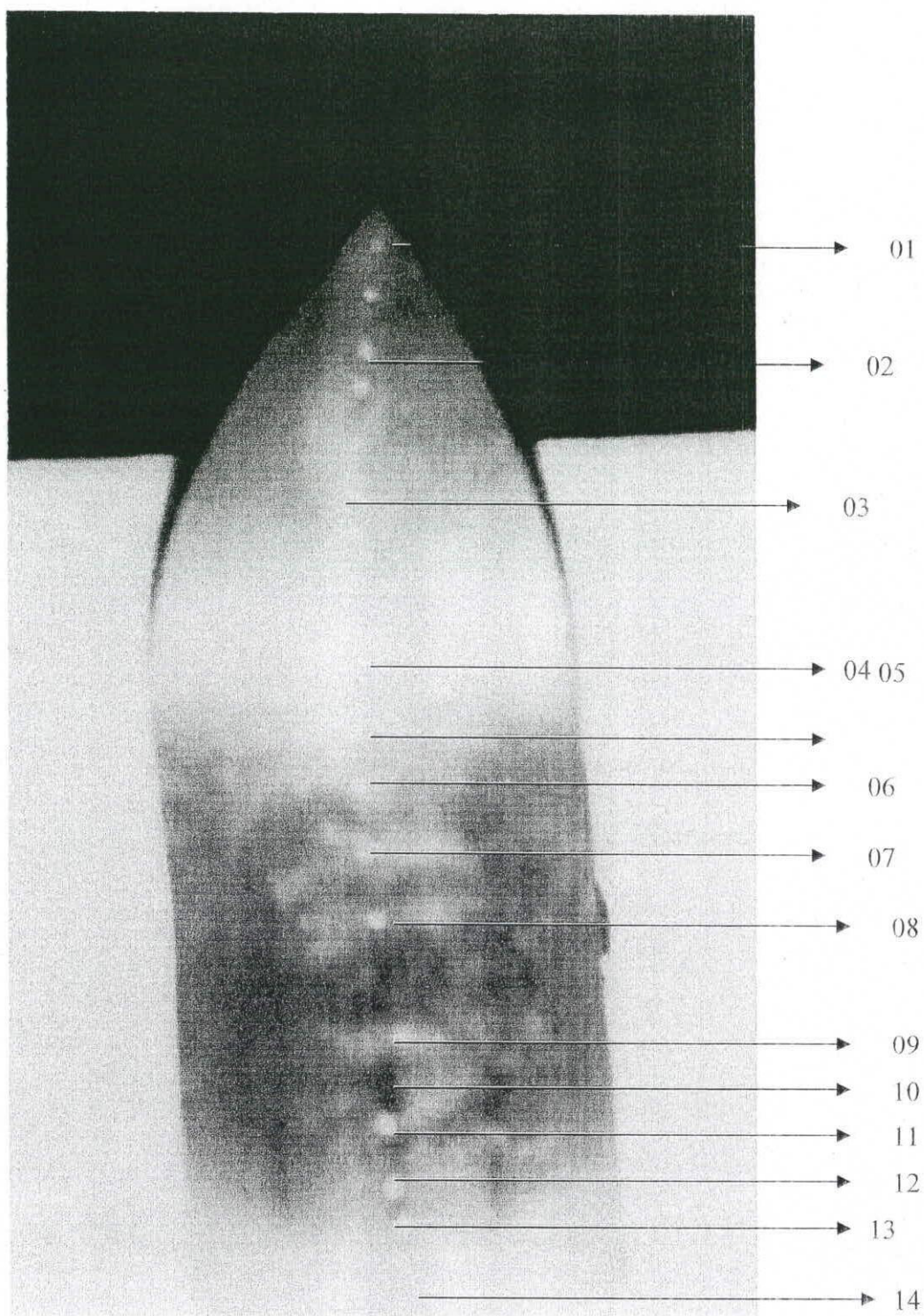


FIGURA 2.5 MUESTRA DE CONFORMADO DE CASQUETE



2.4 Pruebas Mecánicas de Laboratorio

Las pruebas de Laboratorio, que se realizaban para comprobar la calidad de los cordones de soldadura del cilindro, se la efectuaba básicamente a la fase de soldadura circunferencial o soldadura de cintura, aplicando la Norma INEN 291. Las pruebas mecánicas realizadas al cordón de soldadura de cintura eran los siguientes:

- Ensayos de tracción
- Ensayos de Doblado

Ensayos de Tracción.- Estos ensayos mecánicos, se los realizaba aplicando la Norma ASTM – B557, que consistía en determinar:

- Limite de fluencia
- Resistencia a la Tracción
- Elongación

Para la ejecución de los Ensayos de Tracción, se tomaba un cilindro muestra, al cual se le efectuaban un corte perpendicular el cordón de soldadura de cintura, para extraer una probeta de acuerdo a la Norma INEN 121, y realizar el ensayo de tracción, este tipo de pruebas se la efectuaba cada 400 cilindros de producción Fig. 2.6

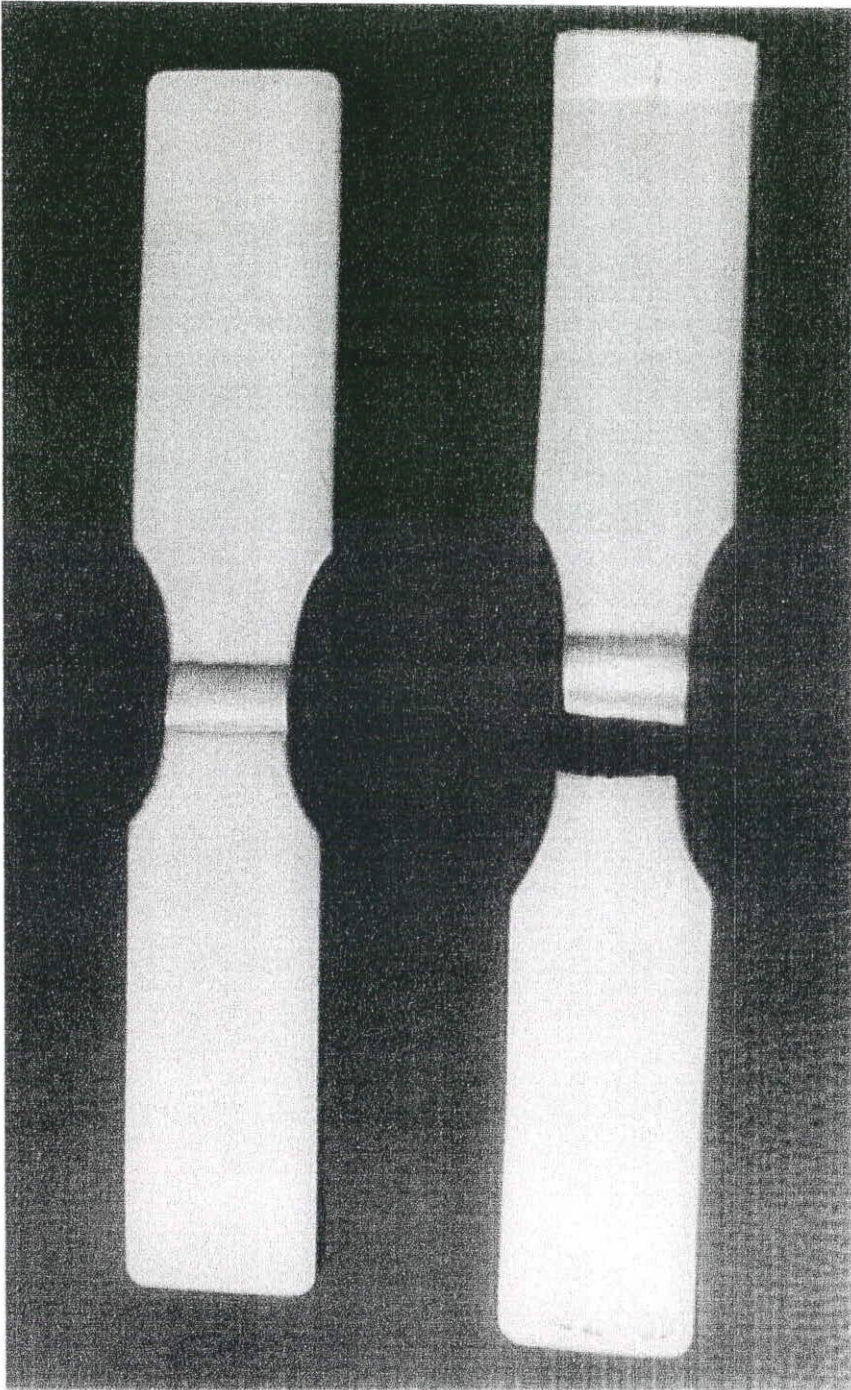


FIGURA 2.6 PRUEBAS MECÁNICAS DE LABORATORIO ENSAYO
DE TRACCIÓN-PROBETA DE CORDON DE SOLDADURA
CIRCUNFERENCIAL

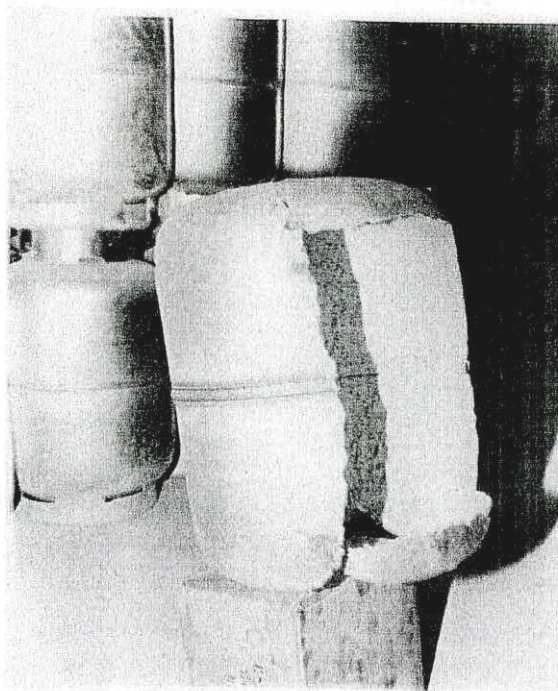


FIGURA 2.7 EXTRACCIÓN DE PROBETA – PRUEBAS DE TRACCIÓN Y DOBLADO DE SOLDADURA

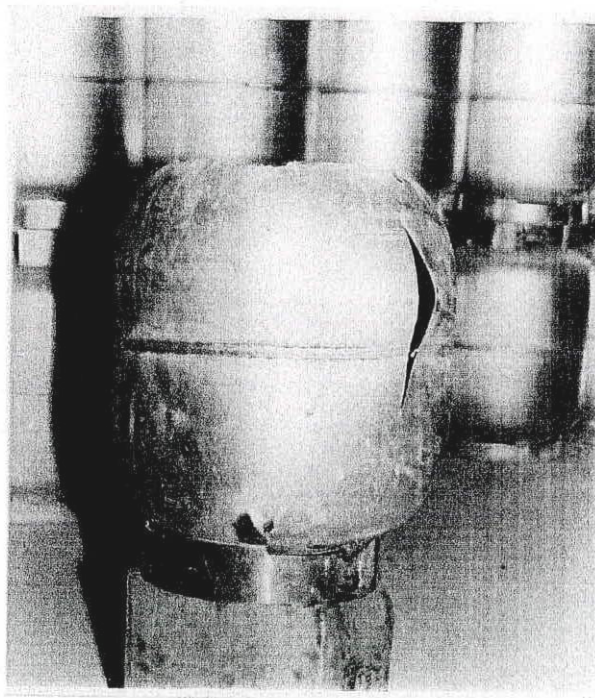


FIGURA 2.8 EXTRACCIÓN DE PROBETA – PRUEBAS DE TRACCIÓN Y DOBLADO DEL MATERIAL

Los ensayos de tracción se los realizaba en una Máquina Universal, en los Laboratorios de Metalurgia de la ESPOL, y de acuerdo a Normas Internacionales, cuyos resultados debían ser iguales ó 2% mayor que los estipulados en la NORMA, tal como se los demuestra en cuadro adjunto.

Ensayos de Doblado

El ensayo de doblado, igualmente se lo realizaba cada 400 cilindros de Producción tomando del cilindro muestra una probeta, que contenía el cordón de soldadura circunferencial.

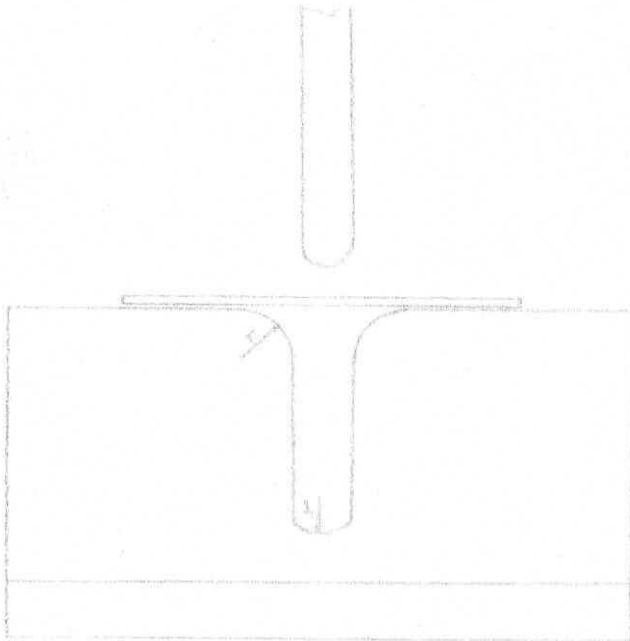
Este ensayo se lo efectuaba en un Mandril, como se muestra en la Figura 2.9 El mismo que consistía en aplicar una fuerza F , sobre la cara interna del cordón de soldadura y doblar las probetas a 180° .

Los resultados eran positivos, si el cordón de soldadura de la probeta se mantenían en perfectas condiciones, es decir que no presentaban fisuras o grietas, en caso contrario había que repetir el ensayo y comprobar los parámetros indicados.



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

 ILGAS DEPTO. CONTROL DE CALIDAD	ENSAYO DE DOBLADO Probeta No. 2	No. Fecha: Cantidad: 100%
--	---	---------------------------------



FECHA:	NORMA INTER:	CONFECCIONADO:	APROBADO:
--------	--------------	----------------	-----------

Figura 2.9 Ensayo de Doblado de probeta 2

 CILGAS DEPTO. CONTROL DE CALIDAD	ENSAYO DE DOBLADO		No.
	Doblado de raíz para Probeta No. 4		INDICAR
			CANTIDAD-REJAS

FECHA:	NORMA ENLCE:	CONFECCIONADO:	APROBADO:
--------	--------------	----------------	-----------

Figura 2.10 Ensayo de doblado de Raíz para probeta N° 4

2.5 Pruebas de rotura del cilindro

La prueba de rotura del cilindro, tiene como objetivo primordial, probar la capacidad de resistencia máxima del cilindro, sometiéndolo a presiones internas.

Para la ejecución de la prueba de rotura se requieren los siguientes elementos:

- Un cilindro por cada lote de 400 cilindros de producción
- Un banco de pruebas
- Una bomba de llenado de agua
- Una manguera de alta presión con sus respectivos acoples
- Un manómetro con glicerina 0-1200psi
- Una bomba de alta presión

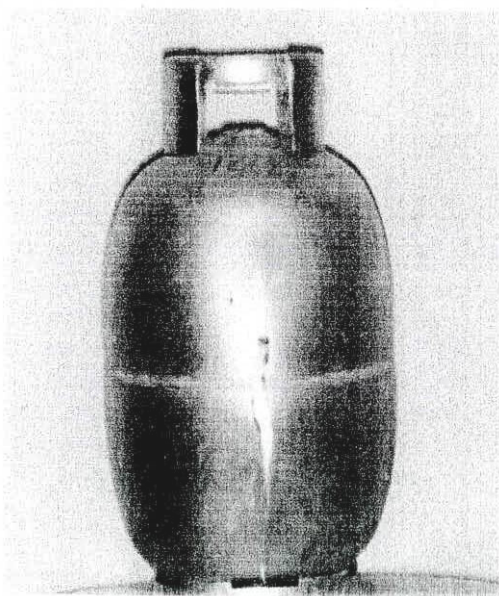


FIGURA 2.11 PRUEBAS DE ROTURA DE CILINDRO DE ALUMINIO



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

Procedimiento de ensayo de rotura

- Se llena el cilindro con agua
- Se inyecta agua a presión hasta que el cilindro explote
- Se mide la presión de rotura del cilindro, que debe ser igual a 4 veces la presión de servicio (200psi) Presión de rotura=800psi.
- Inspección del tipo de rotura del cilindro, la misma que debe ser perpendicular a cualquiera de los cordones de soldadura del cilindro.
- Si la rotura del cilindro, no es como se indica en el párrafo anterior, se toma otro cilindro muestra y se repite la prueba de rotura.
- Si la segunda prueba es buena, el lote de los 400 cilindros es aceptado, en caso contrario es rechazado.

2.6 Análisis y soluciones en el proceso de soldadura

Iniciamos el estudio de las diferentes etapas del proceso de soldadura, mostrando un cuadro estadístico de las diferentes causas de falla de soldadura. Hecho el análisis procedemos a determinar las soluciones.

- Operador de equipo, con sólidos conocimientos técnicos, calificación API.
- Equipos que cumplan las especificaciones técnicas para cada una de las fases del proceso.

- Material base y de aporte, en nuestro caso particular, las aleaciones de aluminio deben cumplir estrictamente con las exigencias de las pruebas mecánicas como esfuerzo de tracción, doblado, límite de fluencia y dureza estipuladas en las norma INEN e INTERNACIONALES, las mismas que son realizadas por los Laboratorios de Metalurgia de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Control Físico de las diferentes fases del proceso, implementación de un control visual numerosos en cada una de las fases del proceso de soldadura, lo que significa mantener una excelente limpieza del material base, especialmente en el de soldadura.

Además de diferentes partes de cada una de las fases del proceso de soldadura como:

- Porta-válvula
- Cuerpo
- Protector base

Deben estar lo suficientemente centrados y alineados, para determinar una buena sincronización con la pistola de soldar.

Gas Argón.- Debe ser lo suficientemente puro, su grado de pureza debe ser de 99.98%

CAPÍTULO 3

3. EVALUACIÓN

3.1 Análisis de la calidad del Cilindro

Cuando se inicia la fabricación de cilindros de Aluminio, para G.L.P, se procede aplicando la tecnología de fabricación de cilindros de aluminio de Panama.

- Las características técnicas de los cilindros de aluminio de Panamá y Guayaquil, son totalmente diferentes.
- Las Normas de fabricación de los cilindros de aluminio de Panamá y Guayaquil, no son compatibles.
- Las Pruebas mecánicas de Laboratorio y reguladas por las Normas INEN, son más exigentes.
- No se hicieron los estudios técnicos requeridos para la fabricación de cilindros de aluminio.
- En principio se aplicaron determinadas técnicas de fabricación

De cilindros de acero en dos etapas del proceso, como embutición y corte de casquetes.

- No se preparó técnicos que dirijan la operación de la fabrica
- No se preparó suficientemente al personal de operación de Equipos MIG.

Con todos estos antecedentes, se cometieron muchos errores, que determinaron las fallas en las diferentes etapas del proceso de fabricación del cilindro de aluminio para G.L.P y que estuvieron en el orden del 15 al 20% de pérdidas, significando un elevado costo de producción, por lo que se tuvo que paralizar la fabricación de cilindros de Al.

En el tiempo de paralización de la fabrica, se inicio una verdadera investigación del proceso de fabricación no repetido del cilindro de Al. en sus diferentes etapas y específicamente en los más críticos:

- Proceso de Embutición de casquetes
- Proceso de Soldadura de Porta válvula
- Proceso de Soldadura Circunferencial o de cintura

En cada una de estas etapas, se efectuaron pruebas con diferentes parámetros, cuyos resultados físicos eran acompañados con análisis de pruebas de Laboratorio, habiendo logrado conseguir

experimentalmente los puntos óptimos de operación, para cada una de las etapas mencionadas con la aplicación de la Norma INEN y ASTM.

Se implementó un estricto control de Calidad, en cada una de las etapas del Proceso de Fabricación de Cilindro de Aluminio para G.L.P.

Todo esto permitió eliminar las fallas en el proceso y como resultado producir cilindros con óptimas condiciones y mejorar la productividad de la fabricación de cilindros de Aluminio

3.2 Análisis General del Proceso

El proceso de fabricación de cilindro de aluminio para G.L.P., se inicia con una inspección física y visual, desde la recepción de la materia prima, la operación de cada una de las etapas del proceso hasta el producto terminado.

En el inicio de la fabricación del cilindro de aluminio, no estaba contemplado un diagrama de flujo del Sistema de Producción, el control se lo realizaba mediante ordenes de trabajo.

Cuando se paraliza la fabrica, para investigar las causas de las fallas y determinar sus correctivos, se desarrolla y se implanta un Diagrama

de Flujo del Proceso de Fabricación del cilindro de aluminio para gas licuado de Petróleo.

Aplicando las Normas INEN y Normas Internacionales se optimizaron la operación de los equipos y maquinarias y nos permitió eliminar fallas que cada uno de las fases del proceso de fabricación del cilindro de aluminio.

Es importante señalar , que en la medida que se investigan experimentalmente la fabricación de cilindros de aluminio , a través de ensayos físicos y de laboratorios, se determina, que etapa de recocido o tratamiento térmico que se daba a los casquetes no era necesario por lo que se toma la decisión técnica de eliminar esta etapa, lo que nos permitió, minimizar los costos de Operación y como resultado final los costos de producción y aumentar la productividad.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Todos los análisis, investigaciones y técnicas nacionales e internacionales aplicados en cada uno de las etapas del proceso de fabricación de cilindros de aluminio han asegurado la calidad en base a que:

- La capacidad de cilindro es correcta
- Se han cumplido las pruebas de laboratorio normalizadas por el Instituto Ecuatoriano de Normas y certificado por los laboratorios de Metalurgia de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Se procedió a la eliminación de cilindros desechados por fallas en las diferentes etapas de producción y se consiguió la eliminación total de los cilindros con fallas.
- Optimización del control de calidad con la elaboración y aplicación de un Manual de control de calidad que para la época era una novedad, en nuestro medio.

4.2 Recomendaciones

Las experiencias adquiridas en la dirección técnica de la fabricación de cilindro de aluminio para gas licuado de petróleo me permite recomendar:

- La fábricas de este tipo y en general impulsan la capacitación del personal para que posean un nivel de conocimiento apropiado tanto el personal de operación así como los técnicos e ingenieros.
- Concientizar a todo el personal de la empresa de la responsabilidad que deben asumir en su trabajo para que los productos terminados posean la calidad exigida por las normas de fabricación.
- La herramienta más importante que se debe tener a la mano es el manual de Control de Calidad, y se debe hacer todos los esfuerzos para desarrollarlo y ponerlo en funcionamiento.

**APENDICE A: HOJA DE CONTROL DE CALIDAD PARA
LAS FALLAS DE SOLDADURA EN SUS DIFERENTES
FASES N°1.**



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

FREE!

Operator

[illegible]

**APENDICE B: HOJA DE CONTROL DE CALIDAD PARA
LAS FALLAS DE SOLDADURA EN SUS DIFERENTES
FASES N°2**



Operator:

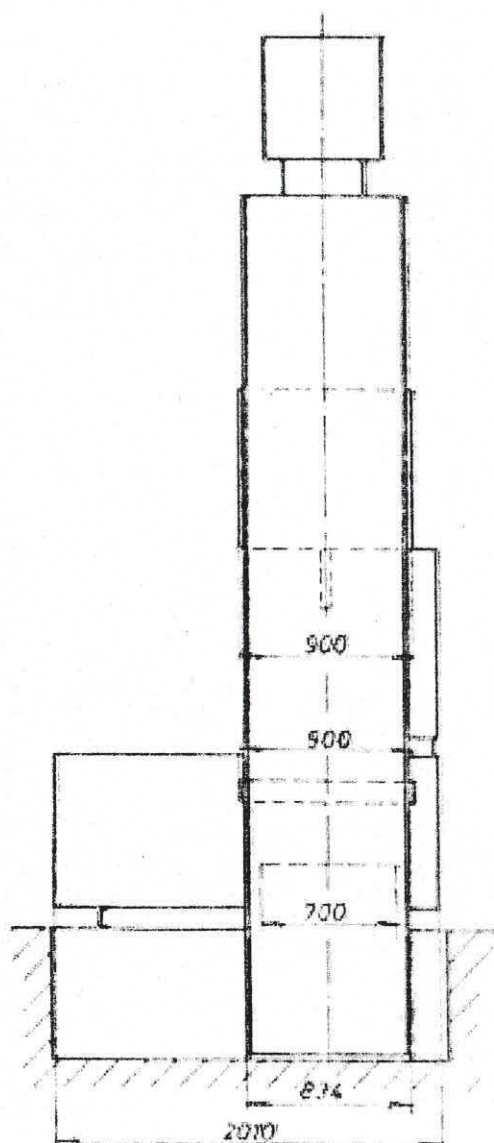
CILINDROS PROBADORES:

[illegible]

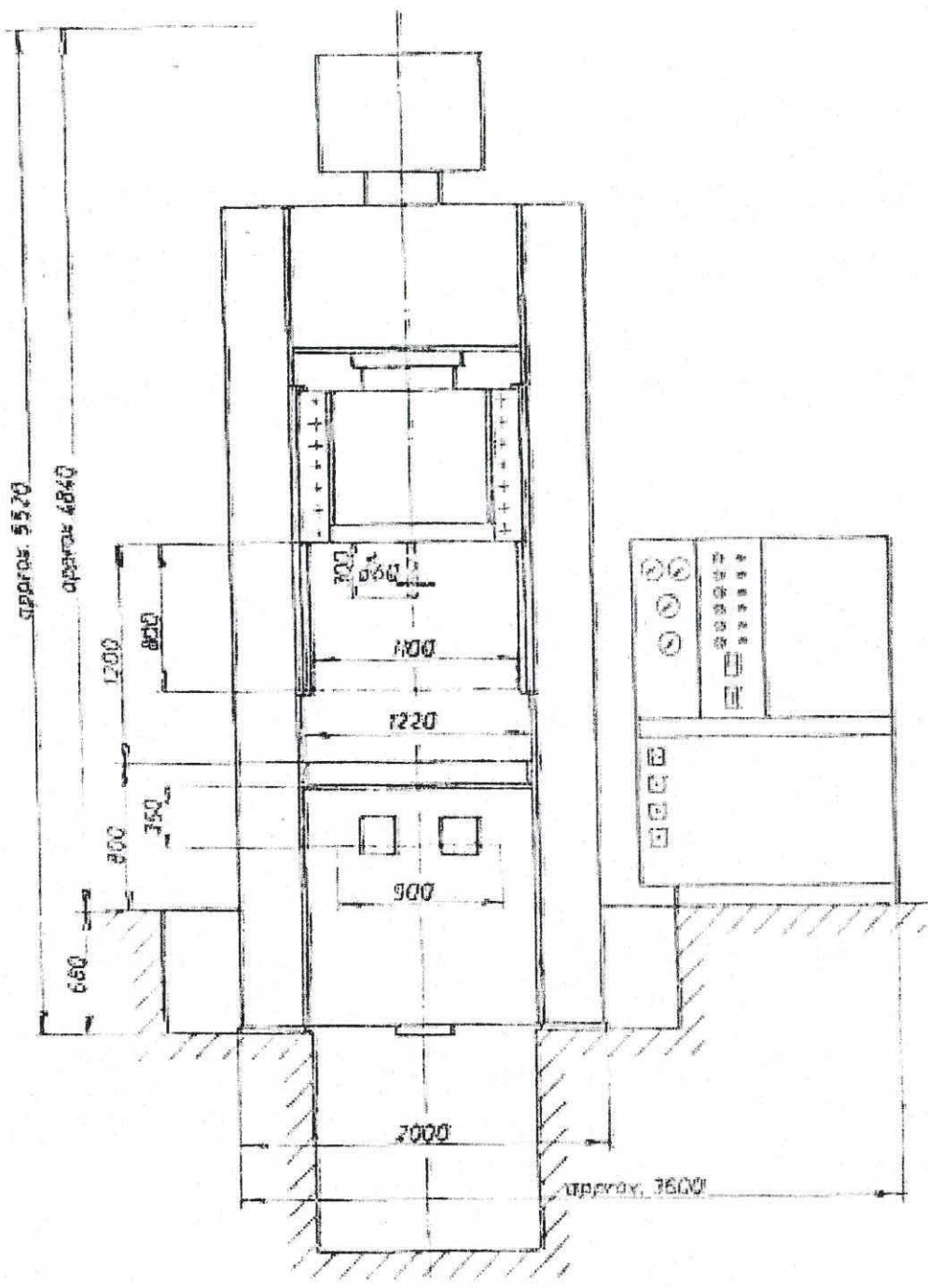


BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

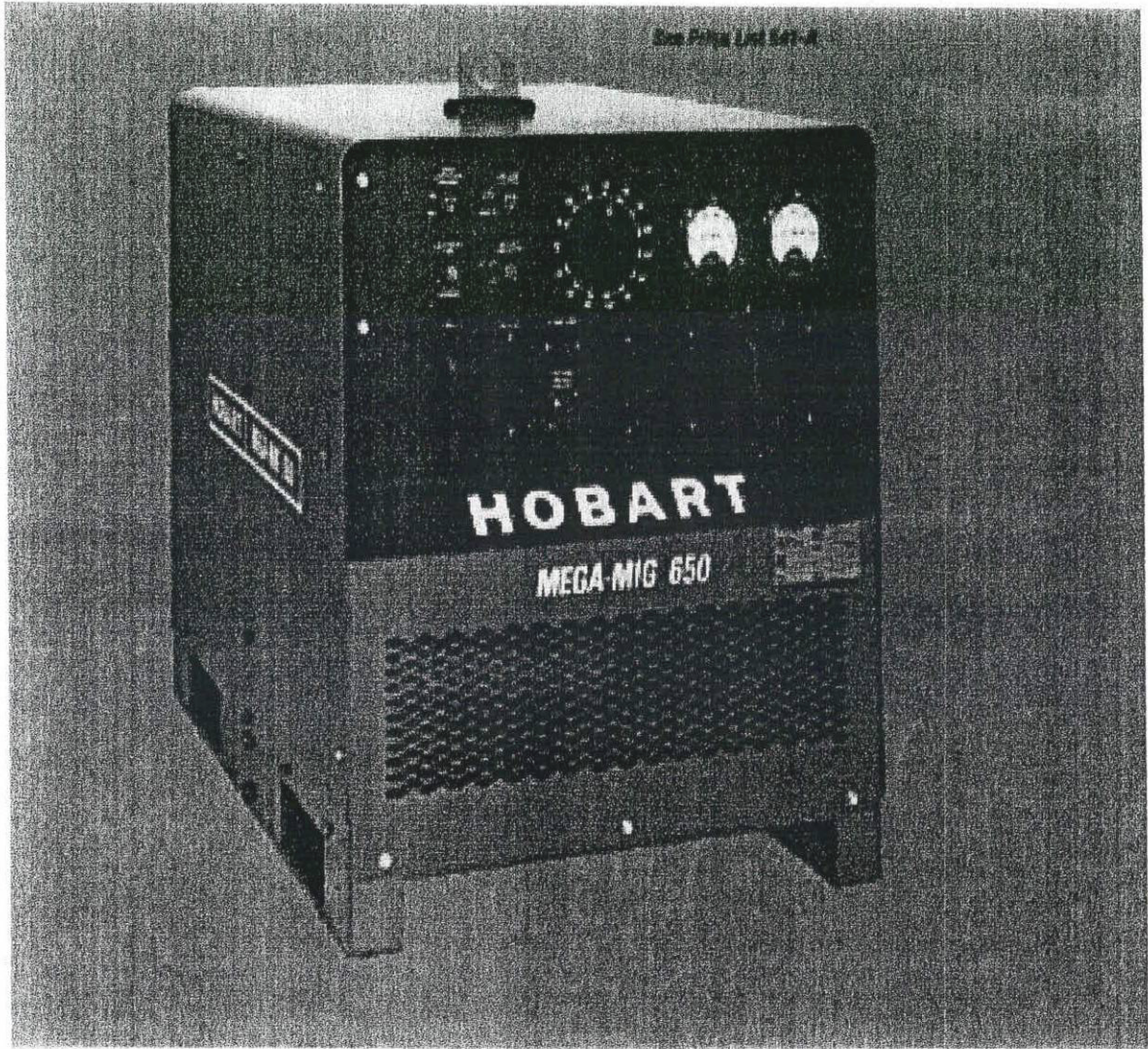
APENDICE C: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PRENSA HIDRAULICA



Pos.	Stk.	Bemærkning	Afkølingsmålt	Materialer	Metallvægt	Bemærkninger
A/S. HYDRAULICO 8300 ODDER DENMARK		Dimensional drawing 250/1200p Drawing press				Stals 1 30
Bemærkning: 250/1200p 250/1200p		Denne tegning må ikke bruges eller foretages medmindre uden ved samtykke		Tegnet 1975 Kontrol 1975 Skriftet nr.	A. K. 500	Frek. for: 3. 10. 504 Frek. af:
Total vægtvægt				Tegning nr: 3-19804a		



**APENDICE D:MAQUINA-SOLDADORA-PARA PROCESO
DE SOLDADURA DE CINTURA**



MODEL RC-600-S

MEGA-MIG®

**APENDICE E:HOJA DE CONTROL DE ENSAYOS DE LA
ESPOL**



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

RESULTADOS DE ENSAYO DE RADIOGRAFIA

Solicitado por	CILGAS		
Artículo	Próbete de cilindro	Operador	José O. Villegas
Plano No.		Fecha	Junio, 12/79

Película No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación	Película No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación
1	G	NO ACEPTABLE					
2	G	NO ACEPTABLE					

OBSERVACIONES:

En la película 1, se aprecian fisuras agrupadas, lo que indica que el cordón de soldadura es frágil.

TIPO DE DEFECTOS:

- P Porosity (Porosidad)
- S Slag inclusion (Inclusiones de escoria)
- LF Lack of Fusion. (Falta de fusión)
- IP Incomplete penetration (Penetración incompleta)
- C Crack (Fisura)

Revisado por:

ING. Alberto Torres Valencia

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
Ing. Alberto Torres Valencia

Fecha: Junio, 12/79

Sr. José O. Villegas M.



ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

APARTADO: 5833 -- TELEX: 4-3508 ESPOLG-ED

Guayaquil - Ecuador

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA

LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

RESULTADOS DE ENSAYO DE RADIOGRAFIA

Solicitado por	"C I L G A S"		
Artículo	VALVULA DE CILINDRO	Operador	J. VILLEGAS
Plano No.		Fecha	2 Agosto 1979

Fotografía No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación	Fotografía No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación
32	SUR/	ACEPTABLE					
-----	-----	-----					

OBSERVACIONES:

TIPO DE DEFECTOS.

- P. Porosity (Porosidad)
- S. Slag inclusion (Inclusiones de Escoria)
- LF Lack of Fusion (Falta de fusión)
- IP Incomplete penetration (Penetración Incompleta)
- C Crack (Fisura)

Revisado por:

ING. *Alberto Torres Valencia*

JEFE DEL AREA 3
DE METALURGIA MECANICA

Fecha: 2 Agosto 1979

José Villegas

OPERADOR



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

RESULTADOS DE ENSAYO DE RADIOGRAFIA

Solicitado por	CILGAS SOLICITUD N° 163-79		
Artículo	CILINDRO PIPON ALUMINIO	Operador	JOSE VILLEGAS
Plano No.		Fecha	Agosto 23, 79

Felícula No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación	Felícula No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación
2999846	-----	Satisfactorio.					
3366149	-----	Satisfactorio					
2799246	-----	Satisfactorio					
3094146	SUR/P	NO Satisfact.					
8220	-----	Satisfactorio					

OBSERVACIONES:

Radiografías correspondientes a portaválvula de cilindros de aluminio.

TIPO DE DEFECTOS.

- P Porosity (Porosidad)
- S Slag inclusion (Inclusiones de Escoria)
- LF Lack of Fusion. (Falta de fusión)
- IP Incomplete penetration (Penetración incompleta)
- C Crack (Pisura)
- SUR Surface imperfections (Imperfección de superficie)

Revisado por:

Ing. <i>Alberto Torres V.</i>
Fecha: Agosto 23, 79
José Villegas
Agosto 23, 79



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

RESULTADOS DE ENSAYO DE RADIOGRAFIA

Solicitado por	CILGAS <i>Solicitud N° 163-79</i>		
Artículo	CILINDRO PIPON ALUMINIO	Operador	JOSE VILLEGAS
Plano No.		Fecha	AGOSTO 23, 79

Felícula No.	Resultado	Calificación	Después de la reparación	Felícula No.	Resultado	Calificación	Después de la reparación
T1-1-2	-----	Satisfac-torio.		T3 3-1	SUC	Satisfac-torio.	
T1-2-3	-----	"		T4 1-2	SUC	"	
T1-3-1	-----	"		T4 2-3	SUC	"	
T2-1-2	-----	"		T4 3-1	-----	"	
T2-2-3	SUC	"		T5 1-2	SUC	"	
T2-3-1	-----	"		T5 2-3	-----	"	
T3-1-2	-----	"		T5 3-1	SUC/SUR	"	
T3-2-3							

OBSERVACIONES:

SUC UNDERCUT (MORDEDORA)

T1 = Tanque 29998
T2 = " 3220
T3 = " 27992
T4 = " 30947
T5 = " 33661

TIPO DE DEFECTOS:

- P Porosity (Porosidad)
- S Gas Inclusion (Inclusiones de Gas)
- LF Lack of Fusion. (Falta de fusión)
- IP Incomplete penetration (Penetración incompleta)
- C Crack (Grieta)

(Firma del Operador)

<i>Jose Villegas</i> Ing. <i>Jose Villegas V.</i>	
Fecha:	AGOSTO 23, 79
JOSE VILLEGAS	



ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

APARTADO: 6893 - TELÉFONO: 4-3109 ESPOL-20

Guayaquil - Ecuador

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

RESULTADOS DE ENSAYO DE RADIOGRAFIA

Solicitado por	CILGAS - ESPOL		
Artículo	CILINDRO DE ALUMINIO	Operador	JOSE O. VILLEGAS M.
Plano No.	PORTAVALVULAS	Fecha	Septiembre 27 de 1979

Folleto No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación	Folleto No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación
3079046	SUR	SI Pasa					
3167149	SUC/SUR	SI Pasa					
3223549	SUR	SI Pasa					

OBSERVACIONES:

SUC = Intercut (mordedura)



TIPO DE DEFECTOS:

- P Porosity (Porosidad)
- S Sing Inclusion (Inclusiones de Escoria)
- LF Lack of Fusion. (Falta de fusión)
- IP Incomplete penetration (Penetración incompleta)
- C Crack (Fisura)

Revisado por:

DE METALURGIA MECANICA
Fecha:
JOSE O. VILLEGAS M.



ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

APARTADO: 6863 - TELER: 4-3509 ESPOL--ED

Guayaquil - Ecuador

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

RESULTADOS DE ENSAYO DE RADIOGRAFIA

Solicitado por	CILGAS - ESPOL - 191		
Artículo	CILINDRO DE ALUMINIO	Operador	JOSE O. VILLEGAS,
Folio No.	CORDON PRINCIPAL	Fecha	SEPTIEMBRE 27/79

Película No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación	Película No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación
3-1 8079046	LF/Sur/P/CP	SI Pasa		3223549 3-1	OK	SI Pasa	
8079046 2-3=	OK	"		3223549 2-3	OK	"	
8079046 1-2	OK	"		3223549 1-2	P	No aceptable	
3167149 3-1	P-SUC	"					
3167149 2-3	SUC	"					
3167149 1-2	SUC	"					

OBSERVACIONES:

OK= Cordón sin defecto.
SUC= Intercut (mordedura)

TIPO DE DEFECTOS

- P Porosity (Porosidad)
- S Size inclusion (Inclusiones de Escoria)
- LF Lack of Fusion. (Falta de fusión)
- IP Incomplete penetration (Penetración incompleta)
- C Crack (Fisura)



Revisado por

OPTO. DE INGENIERIA
MATERIA

Fecha:

JEFE DEL AREA 3
DE METALURGIA MECANICA

José O. Villegas.

ESPOL

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

APARTADO: 5863 - TELEX: 4-8509 ESPOLQ-ED

Guayaquil - Ecuador

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
LABORATORIO DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

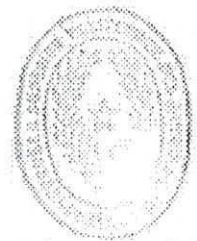
RESULTADOS DE ENSAYO DE RADIOGRAFIA

Requerido por	CILGAS - ESPOL		
Artículo	CILINDRO DE ALUMINIO	Operador	JOSE O. VILLEGAS M.
Plano No.	PORTAVALVULAS	Fecha	Septiembre 27 de 1979

Película No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación	Película No.	Resultado	Decisión	Después de la reparación
079046	SUR	SI Pasa					
167149	SUC/SUR	SI Pasa					
223549	SUR	SI Pasa					

OBSERVACIONES:

SUC = Intercut (mordedura)



DEPT. DE INGENIERIA MECANICA

Revisado por:

ING. J. O. Villegas M.
Jefe del Laboratorio

DE METALURGIA MECANICA

Fecha:

JOSE O. VILLEGAS M.

TIPO DE DEFECTOS.

- P Porosity (Porosidad)
- S Slag inclusion (Inclusiones de Escoria)
- LF Lack of Fusion. (Falta de fusión)
- IP Incomplete penetration (Penetración incompleta)
- C Crack (Fisura)

RESULTADOS DE ENSAYO DE RADIOGRAFIA		Solicitado por		CITAS	
		Artista		Cilindro de Aluminio	
		Fecha		23 Octubre 1978	

Plane No.	#CG107810X7648	Fecha	23 Octubre 1978
Artículo	Cilindro de Aluminio	Operador	
Solicitado por	CILAS		

Artículo	Cilindro de Aluminio	Operador	
Plano No.	#CG107810K37648	Fecha	23 Octubre 1978

Plane No.	#CG107810XG7648	Fach:	23 Octubre 1978
-----------	-----------------	-------	-----------------

Page No.	#CG107610X67648	Page#	2	23 October 1978
----------	-----------------	-------	---	-----------------

[illegible]

U	Undercut (Mordadura)
C	Crack (Fisura)
IP	Incomplete penetration (Penetración incompleta)
LF	Leak of fusion (Fuga de fusión)
S	Slag inclusion (Inclusión de Escoria)
P	Porosity (Porosidad)

U Undercut (Mordatura)
C Crack (Fissura)
P Incomplete penetration (Penetration incomplete)

Information furnished (Government employees)

LE
Look of emotion. (Eyes de fusion)

5. Slag inclusion (inclusions de slag)

Property (F0002) 1000

[illegible]

{[...]} ...

[illegible]

C. Crack (Plum)

RESULTADOS DE ENSAYO DE RADIOGRAFIA			
Solicitado por	C I L G A S		
Artículo	CILINDRO PIPON DE ALUMINIO 15kg	proceder	JOSE VILLEGAS
Marca Co.	646	Fecha	24 ABRIL 1979

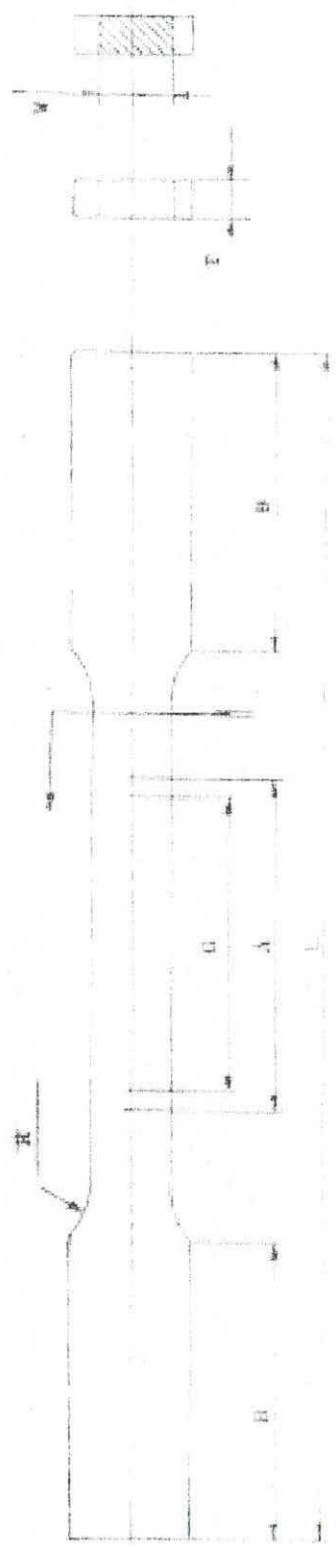
[illegible]

Clustered porosity (Porosidad agrupada).

ING. *Alfredo Gomez Valencia*
JEFE DEL AREA 2
DE METROLOGIA MECANICA
Fecha: 24 ABRIL 1979
JOSE VILLEGAS *Jose Villegas*
Fecha: *24* ABRIL 1979

Ing. Antonio V.
Director del Departamento
de Ingeniería Mecánica

ESTUOLA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL LABORATORIO DE METALURGIA Y MECANICA DE SOLIDOS		PROBLETA PARA EXAMEN DE TRACCION SECCION RECTANGULAR	
DENOMINACION	SEGUN LAS NORMAS ASTM		
FECHA	FIRMA	PROTECCION	ESCALA
111		1:1	NORMALIZACION No

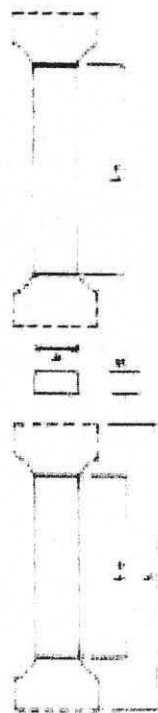


C	M	T	H	L	A	B	G
2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	3"	2 1/4"	3"	1 1/4"
10"	10"	10"	10"	10"	10"	10"	10"

NOTAS: 1. El ensayo se debe hacer a temperatura ambiente.
 2. La velocidad de ensayo debe ser de 0.005 in/min.
 3. El ensayo se debe hacer en la zona de transición.
 4. El ensayo se debe hacer en la zona de transición.

[illegible]

Page 10 of 10



THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY

TEMP. DE ENSAYO: 25°C
VELOC. DE ENSAYO: 5 mm/min
OBSERVACIONES:

[illegible]

BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

**APENDICE F: CERTIFICADOS ENTREGADOS POR
SIDAL**

SOCIETE INDUSTRIELLE DE L'ALUMINIUM N.V.

Description : Sheets, Coils, Sections, Bars, Tubings
Dimensions : 24" x .125" Circles.

Customer : OIL-GAS - GUAYAGUIL -
ESTADOR.

Your order Nr : 133.04444444444444
Our order Nr : 32900-01.
INVOICE Nr : 9.176.

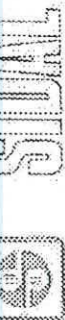
CHEMICAL COMPOSITION

Alloys	Silicon %		Iron %		Copper %		Manganese %		Magnesium %		Chromium %		Zinc %		Others	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
AA. 5086.0- ASTM. B. 209-65. 0.11	0.11	0.14	0.30	0.33	0.01	0.23	0.28	3.85	4.23	0.17	0.17					0.05

MECHANICAL PROPERTIES

Cast number	Number of tests	Tensile strength k.s.i.		Yield strength k.s.i.		Elongation % in 2 inches		Hardness		Bending
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
84569/8/67 84552/0/1/31 84572/3/1/0 84554/603/549.	10	36.4	39.7	15.8	23.7	18	25			

Duffel, 10-3-1972. SIDAL N.V.



SOCIETE INDUSTRIELLE DE L'ALUMINIUM N°

Customer : CIL-GAS-

GUAYAQUIL - ECUADOR.

Your order Nr : 15533-O/C 509221- DEC. IOP. B.

Our order Nr : 52104-OI.

INVOICE Nr : 9-701.

Description : Sheets, Cutlery Sections, Bars and Tubing

Dimensions : CIRCLES 20, 3/4" x .125"

CHEMICAL COMPOSITION

Alloys	Silicon %		Iron %		Copper %		Manganese %		Magnesium %		Chromium %		Zinc %		Others	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
ASTM. B. 209-65																
5086.0	0.11	0.18	0.30	0.36	0.01	0.02	0.23	0.33	3.88	4.25	0.15	0.17				0.05
	0.12	0.15	0.29	0.35	0.01	0.02	0.24	0.27	3.67	4.02	0.15					0.05

MECHANICAL PROPERTIES

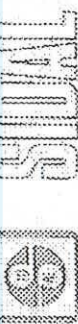
Cast number	Number of tests	Tensile strength k.s.i.		Yield strength k.s.i.		Elongation % in 2 inches		Hardness		Bending
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
64522/23/26/30 to 32/37										
64433/41/45/57/75 to 78		36.6	39	17.1	19.3	18	21			
64329/30/34.	25									
64528/29/33	7	36.7	38.1	18.2	19.8	20	23			

BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G.
F. I. M. C. P.

28.9.1978.

Duffel.

SIDAL N.V.



Mill Certificate N°

253

SOCIETE INDUSTRIELLE DE L'ALUMINIUM NF

Description : Sheets - Coils - Sections - Bars - Tubings
Dimensions : circles
20.75" x 0.125"

Customer : SILLEROS Y ENRIQUES DE ALUMINIO S.A.
"CHIGAS" Calle entre 2/8 y 1. Ecuador.
Ave. Dominga Comin, GUAYAS, GUAYAS.
Your order Nr : 1786370
Our order Nr : 5524.01.
INVOICE Nr : 9-167.

CHEMICAL COMPOSITION

Alloys	Silicon %		Iron %		Copper %		Manganese %		Magnesium %		Chromium %		Zinc %		Others	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
AA-3086.0x AA-3086.0x-05 AA-3086.0x-05	0.18	0.19	0.35	0.40	0.03	0.06	0.23	0.27	3.03	4.08	0.15	0.17				0.05

18/10/201 REA= 0.102 IG/252.

MECHANICAL PROPERTIES

Cast number	Number of tests	Tensile strength kg/mm ²		Yield strength kg/mm ²		Elongation % in 2 inches		Hardness		Bending
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
60170-09- 73-74/76- 81.	22	250	260	122	131	25	26			

Duffel, 18.12.1979. SIDAL N.Y.



SODAL



Mil Certificate N°

1988

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE L'ALUMINIUM SA

Customer : CIL/GAS

UNITE ONE Y AVE DCM, GUYQUIL BOUADOR

Your order Nr : ORDRE SB 005(00000)

Our order Nr : 71142/01

INVOICE Nr : 9906-307-592

Description : Sheets - Coils - Sections - Bars - Tubings
Dimensions : 24,95" x 0,115"

CHEMICAL COMPOSITION

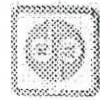
Alloy	Silicon %		Iron %		Copper %		Manganese %		Magnesium %		Chromium %		Zinc %		Others	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
AA 5085 0 ASTM B209 05	0,14	0,22	0,32	0,49	0,02	0,04	0,22	0,29	3,81	4,04	0,14	0,18	0,01			0,05

MECHANICAL PROPERTIES

1 N/mm² = 1 MPa = 0,1 hbar = 0,102 kg/mm² = 0,145 ksi = 0,0648 lb

Cochonbar	Number of tests	Tensile strength N/mm ²		Yield strength N/mm ²		Elongation % in 2 inches		Hardness		Bending
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
61503 to 12	46	266	288			19	26			
45743 to 53										

Dated, 12/6/80 JVE SICAL N°



SIDAL

Mill Certificate N° 1501.

SOCIETE INDUSTRIELLE DE L'ALUMINIUM NV

Customer : CIL-Gea

GUAYAQUIL

Your order Nr : Add. Guyaquil Ecuador

Our order Nr : 32900/OI

INVOICE Nr : 9-175

Description : Sheets - Coils - Sections - Bars - Tubings

Dimensions :

609.6 x 3.175 mm circles

CHEMICAL COMPOSITION

Alloys	Silicon %		Iron %		Copper %		Manganese %		Magnesium %		Chromium %		Zinc %		Others	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
AA 5086-C ASTM B209-65	0.11	0.14	0.30	0.33	0.01	0.03	0.23	0.28	3.85	4.23	0.13	0.17				0.05

MECHANICAL PROPERTIES

Cast number	Number of tests	Tensile strength k.s.i.		Yield strength k.s.i.		Elongation % in 2 inches		Hardness		Banding
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
64569/8/6/7 64552/9/1/3 64572/3/1/0 64551/603/5/9	36	36.4	39.7	15.8	23.7	13	25			



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

SIDAL N.V.

ER

18/3/77

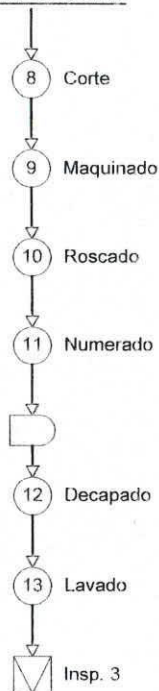
Duffel

Appendices

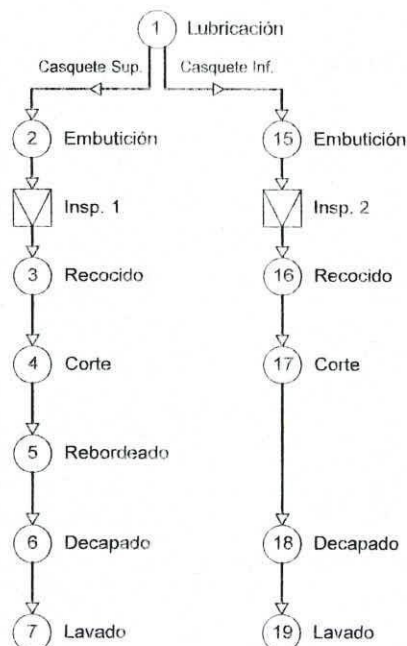
**APENDICE H: DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE
FABRICACIÓN DE CILINDROS DE ALUMINIO PARA
LICUADO DE PETROLEO**

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE FABRICACION DE CILINDROS DE ALUMINIO PARA LICUADO DE PETROLEO " G.L.P. "

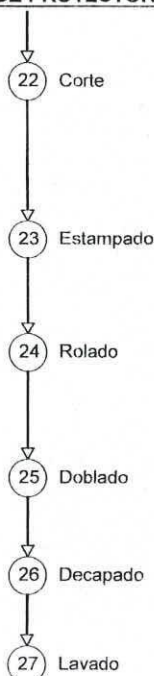
BARRAS HUECAS



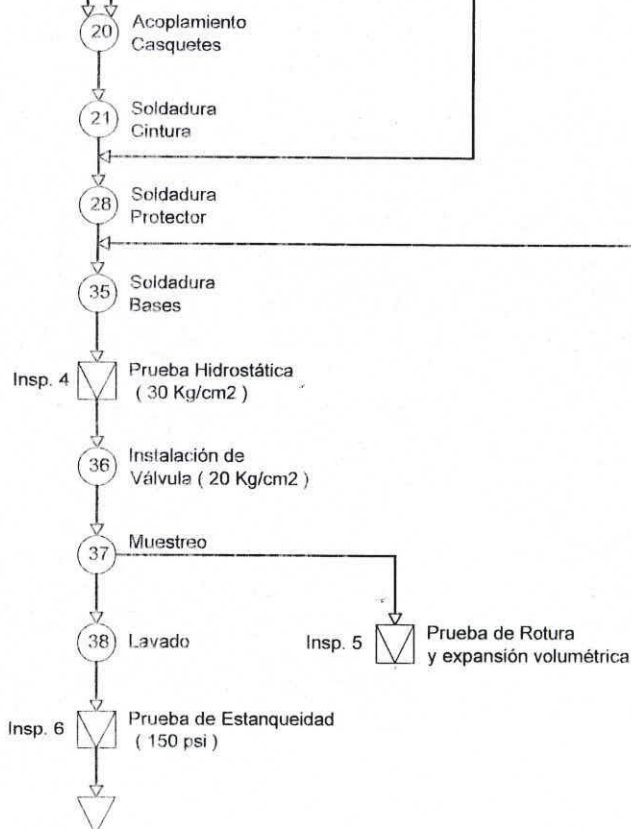
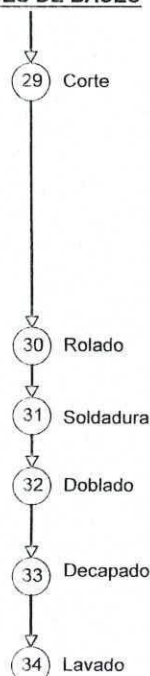
DISCO DE ALUMINIO



FLEJES DE PROTECTOR



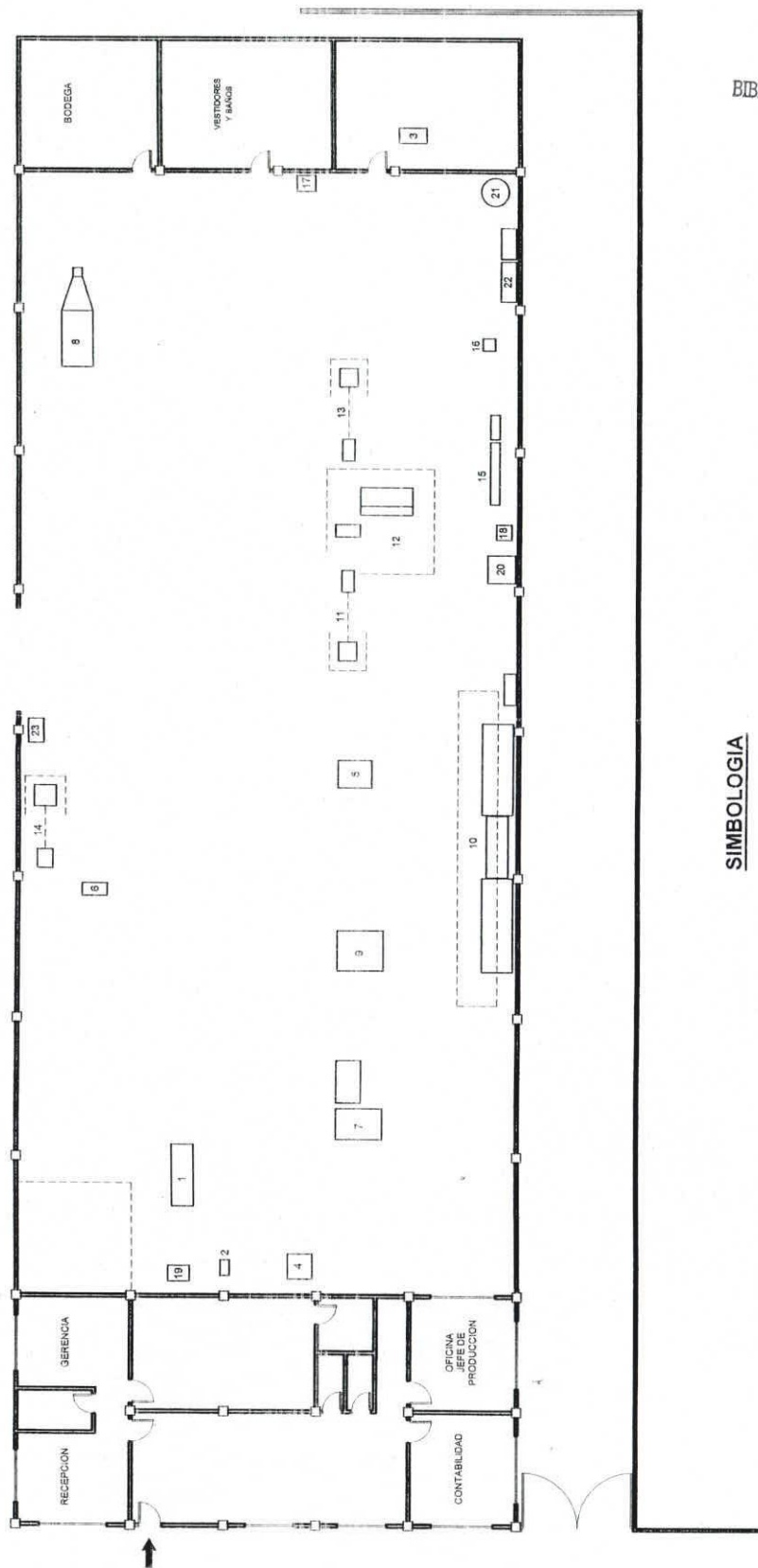
FLEJES DE BASES



**APENDICE G: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS Y
MAQUINARIAS DE LA FABRICA DE CILINDROS DE
ALUMINIO PARA GAS LICUADO DE PETROLEO**

DISTRIBUCION DE EQUIPOS Y MAQUINARIAS DE LA FABRICA DE CILINDROS DE ALUMINIO PARA GAS LICUADO DE PETROLEO " G.L.P. "

ESCALA 1 : 150



SIMBOLOGIA

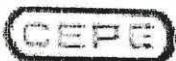
- 1.- TORNO
- 2.- TALADRO
- 3.- COMPRESOR
- 4.- CORTADORA DE BARRAS
- 5.- PRENSA MECANICA
- 6.- ROLADORA
- 7.- PRENSA HIDRAULICA
- 8.- HORNO
- 9.- CORTADORA REBORDEADORA
- 10.- TANQUES DE LIMPIEZA
- 11.- SOLDADORA PORTA-VALVULA
- 12.- SOLDADORA CIRCUNFERENCIAL

- 13.- SOLDADORA BASE-PROTECTOR
- 14.- SOLDADORA CIERRE DE BASES
- 15.- TANQUE DE PRUEBA HIDROSTATICA
- 16.- MESA PONER VALVULAS
- 17.- TANQUE DE PRUEBA DE ESTANQUEIDAD
- 18.- TANQUE PRUEBA EXPANSION VOLUMETRICA
- 19.- MESA MARCADO PORTA-VALVULA
- 20.- TANQUE DE AGUA
- 21.- TANQUE PRESION DEL COMPRESOR
- 22.- TANQUE LAVADO DE CILINDROS
- 23.- MESA MARCADO FLETE PROTECTOR



BIBLIOTECA "GONZALO ZEVALLOS G."
F. I. M. C. P.

**APENDICE I: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL GAS
LICUADO DE PETROLEO QUE SE ENVASABA EN EL
CILINDRO DE AL.**



CORPORACIÓN ESTATAL PETROLERA ECUATORIANA



BIBLIOTECA GONZALO ZEVALLOS G.
F. I. M. C. P.

OFICIO N° 792-DE-79

Quito, a 10 de Julio de 1979

Señor Ingeniero
Rafael Estrada
DIRECTOR DEL INES
Av. Universitaria N° 784
Castillo B° 3000
Ciudad.

Recibido 10 de Julio 1979

Caratula

Señor Director:

En relación al oficio N° 202-16, fechado el 21 de julio del presente y suscrito por el Ing. Hugo Inca, solicitando se indique la composición del LPI que se producirá en la Refinería de Esmeraldas, sírvase encontrar a continuación el informe requerido.

GAS LIQUADO DE PETROLIO

Gravedad específica	0.522
Composición %	
Etano	0.976
Propano	42.00
Butano	57.00
Pentano	0.606
Azufre	-0.1 %
Corrosión Laminas de Cobre # 1	

Atentamente,

Dr. Ramón Estrada M.
DIRECTOR DE COMERCIALIZACION

BIBLIOGRAFIA

1. THEODORE BAUMEISTER, EUGENE A. AVALLONE, THEODORE BAUMESTER III, Manual del Ingeniero Mecánico, Editorial Mc.Graw Hill, México-1984, Segunda Edición.
2. NORMA INEN 291-121, Instituto Ecuatoriano de Normalización, Quito-1976, primera edición.
3. NORMAS ASTM, Sociedad Americana de Ensayos de Materiales, Estados Unidos de Norteamérica USA – 1976.
4. ALCAN, Manual de aluminio, México – 1979.
5. SOCIETE INDUSTRIELLE DE L'ALUMINIUM N.V. "SIDAL", Bélgica - 1977
6. FUTURE METAL INTERNATIONAL, Estados Unidos de Norteamérica USA – 1980.
7. PRACTICAS DE LABORATORIO DE METALÚRGIA, Escuela Superior Politécnica ESPOL – 1979