

**“ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS PARA EL CONTROL DE LA
PRODUCCIÓN DE LOS ACEROS PRODUCIDOS EN NOVACERO S.A.”.**

**HAMILTON ISRAEL GAMBOA RIVERA.
NÉSTOR EFRAÍN QUISPE PULLUQUITÍN.**

TESIS DE GRADO.

**Previa la obtención del Título de:
INGENIERO MECÁNICO.**



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.

Riobamba – Ecuador.

2009

Epoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Marzo, 19 del 2009

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

HAMILTON ISRAEL GAMBOA RIVERA.

Titulada:

**“ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS PARA EL CONTROL DE
LA PRODUCCIÓN DE LOS ACEROS PRODUCIDOS EN NOVACERO S.A.”.**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el grado de:

INGENIERO MECÁNICO

f) ING. GEOVANNY NOVILLO A.

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

f) ING. MARIO PASTOR

f) ING. RAÚL CABRERA

f) ING. ROBERTO MORALES

Epoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Marzo, 19 del 2009

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

NÉSTOR EFRAÍN QUISPE PULLUQUITÍN.

Titulada:

“ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS PARA EL CONTROL DE
LA PRODUCCIÓN DE LOS ACEROS PRODUCIDOS EN NOVACERO S.A.”.

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el grado de:

INGENIERO MECÁNICO

f) ING. GEOVANNY NOVILLO A.

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

f) ING. MARIO PASTOR

f) ING. RAÚL CABRERA

f) ING. ROBERTO MORALES

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: HAMILTON ISRAEL GAMBOA RIVERA.

TÍTULO DE LA TESIS:

**“ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS PARA EL CONTROL DE
LA PRODUCCIÓN DE LOS ACEROS PRODUCIDOS EN NOVACERO S.A.”.**

Fecha de Examinación: Marzo 19 del 2009.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. GEOVANNY NOVILLO A.			
ING. MARIO PASTOR			
ING. RAÚL CABRERA			
ING. ROBERTO MORALES			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: NÉSTOR EFRAÍN QUISPE PULLUQUITÍN.

TÍTULO DE LA TESIS:

**“ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y MÉTODOS PARA EL CONTROL DE
LA PRODUCCIÓN DE LOS ACEROS PRODUCIDOS EN NOVACERO S.A.”.**

Fecha de Examinación: Marzo 19 del 2009.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. GEOVANNY NOVILLO A.			
ING. MARIO PASTOR			
ING. RAÚL CABRERA			
ING. ROBERTO MORALES			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior politécnica de Chimborazo.

Néstor Efraín Quispe Pulluquitín

Hamilton Israel Gamboa Rivera

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. GENERALIDADES	
1.1	Antecedentes: 1
1.2	Justificación:..... 2
1.3	Objetivos..... 4
1.3.1	General 4
1.3.2	Específicos:..... 4
2. PRODUCCIÓN DEL ACERO PARA OBTENER VARILLAS CORRUGADAS	
2.1	Introducción..... 5
2.2	Breve reseña histórica..... 5
2.3	Proceso de fabricación del acero 7
2.3.1	El horno de arco eléctrico 8
2.3.2	La chatarra. 9
2.3.3	Descripción del proceso de fusión..... 13
2.3.4	Descripción del proceso de afino..... 15
2.3.5	Cálculo de la carga en el horno: 20
2.3.6	El proceso de colada continua. 24
2.3.7	El proceso de laminación: 25
2.4	Parámetros de control durante la fabricación del acero..... 29
2.5	Espectrometría 31
2.5.1	Introducción:..... 31
2.5.2	Tipos de espectrometros 31
2.5.3	El espectrómetro de masas. 31
2.5.3.1	Funcionamiento del espectrómetro de masas[4] 32
2.5.3.2	Utilidad del espectrómetro de masas 33
2.5.4	Espectrómetro de Emisión Óptica. 33
2.5.4.1	Longitud de onda de la radiación. 33
2.5.4.2	Espectros de emisión y espectros de absorción:..... 34
2.5.5	Espectrómetro de emisión óptica por arco y chispa “pda-7000 shimadzu”. 35
2.5.5.1	Introducción..... 35
2.5.5.2	Funcionamiento 36
2.5.5.3	Características..... 38
2.5.5.4	Partes principales..... 38
1	Lente del condensador 38
2	El circuito de control de la temperatura 38
3	El sistema de evacuación..... 39
4	El detector de luz (Tubo foto multiplicador) 39
2.5.5.5	Sensibilidad analítica 40

3. ANÁLISIS QUÍMICO CUANTITATIVO POR EMISIÓN ÓPTICA

3.1	Procedimientos de análisis por espectrometría.....	41
3.1.1	Introducción.....	41
3.1.2	Preparación de las muestras.....	41
3.1.3	Procedimiento para el pulido de las muestras	43
3.1.4	Precauciones en el manejo del instrumento.....	44
3.1.4.1	Introducción.....	44
3.1.5	Procedimiento para la puesta en marcha de la máquina.....	44
3.1.6	Manual de operaciones del software del Espectrómetro	45
3.1.6.1	Introducción.....	45
3.1.6.2	Procedimiento.....	45
3.2.1	Condiciones iniciales de operación.	64
3.2.2	Mantenimiento de los accesorios del espectrómetro.	67
3.2.2.1	Cambio de aceite en la bomba de vacío.	67
3.2.2.2	Limpieza de la botella de agua.	69
3.2.2.3	Limpieza de los filtros de polvo.	69
3.2.2.4	Cambio de los absorbentes de humedad.	70
3.2.3	Mantenimiento de la cámara de descarga del espectrómetro.	71
3.2.3.1	Limpieza de la posición de chispa.....	71
3.2.4	Mantenimiento del intercambiador de calor.....	74
3.2.5	Cambio de cilindro de gas argón.....	75
3.2.6	Purga de la tubería y regulación de la presión del argón:.....	76
3.2.7	Mantenimiento de la lijadora yodogawa.....	77
3.2.7.1	Cambio de banda lijadora.....	77
3.2.7.2	Limpieza de la máquina.....	78

4. ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA MANEJO DE INFORMACIÓN

4.1	Introducción.....	80
4.2	El PHP	80
4.2.1	Historia de PHP	81
4.2.2	Estructura del lenguaje PHP.....	83
4.3	My Sql (Administrador de base de datos).....	84
4.3.1	Introducción.....	84
4.3.2	Características técnicas de MySQL.....	85
4.3.2.1	Características principales de MySQL.....	85
4.3.2.2	Tipos de datos de Mysql.....	86
4.3.2.2.1	Tipos numéricos:	86
4.4	Joomla.....	87
4.5	Instalación del programa	89
4.6	Manejo del programa.....	92
4.7	Migración de archivo.....	94
4.8	Generación de reportes.....	96

5. ANÁLISIS DE ENSAYOS MECÁNICOS Y METALÚRGICOS

5.1	Introducción.....	98
5.2	Ensayos mecánicos.....	98
5.2.1	Ensayo de tracción.....	98
5.2.2	Ensayo de doblado.....	99
5.2.3	Ensayo de dureza brinell HBN	100
5.2.4	Tabulación de datos.	101
5.3	Ensayos metalúrgicos.	103
5.3.1	Introducción.....	103
5.3.2	Medición del tamaño de grano y porcentaje de fase	104
5.3.3	Análisis de inclusiones.	123
5.3.4	Análisis de resultados.	132
5.3.4.1	Análisis por varillas.	132
5.3.4.2	Análisis comparativo	135

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones	138
6.2	Recomendaciones.	140
	REEERENCIAS	141
	BIBLIOGRAFÍA.....	142
	LINKOGRAFÍA.....	143
	ANEXOS	145

LISTA DE SIMBOLOGÍA

°C	Grados Centígrados
cm	Centímetros
Kg	Kilogramos
lt/min	Litros por minuto
T _{liq.}	Temperatura mínima de la colada
Km/s	Kilogramos por segundo
Pa	Pascales
mm	Milímetros
Psi	Libras por pulgada cuadrada
Bar	Bares
S _{yp}	Resistencia a la fluencia
S _{ut}	Resistencia a la tracción
ε	Elongación
Kg/cm ²	Kilogramos por centímetro cuadrado
Kgf	Kilogramos-Fuerza
N	Newtons
%C. Eq.	Carbono Equivalente
[G]	amaño de grano ASTM
μm	Micrómetros
Ø	Diámetro

LISTA DE ABREVIACIONES

INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ASTM	American Society Testing Materials
SAE	Society Automotive Engineers
PDA	Análisis de distribución de altura de pulsos
GLP	Gas liquado de Petróleo
PPM	Partes por millón
PHP	Personal Home Page
GLP	Licencia Publica General
HBN	Hardness Brinell Number

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
2.1 Colado del acero.....	5
2.2 Patios de chatarra-novacero.....	10
2.3 Abundancia de chatarra en novacero.....	11
2.4 Horno de arco eléctrico, vista en corte.....	13
2.5 Orden en la que se debe colocar la chatarra dentro del horno.....	14
2.6 Suministro de argón.....	17
2.7 Proceso de colada continua.....	24
2.8 Horno de calentamiento.....	25
2.9 Primera y segunda estación de laminación.....	26
2.10 Estación de laminación N° 18.....	27
2.11 Mesa de enfriamiento.....	27
2.12 Cizalla de corte y mesa de control de calidad.....	28
2.13 Mesa de empaque.....	28
2.14 Almacenaje del producto terminado.....	29
2.15 Espectrómetro de masas de doble sector (SiDI, UAM).....	32
2.16 Espectro de radiación.....	34
2.17 Espectrómetro de emisión óptica PDA-7000 shimadzu.....	35
2.18 Esquema de funcionamiento del espectrómetro de emisión óptica.....	37
2.19 Bomba de vacío.....	39
2.20 Tubo foto multiplicador.....	39
3.1 Lijadora yodogawa.....	41
3.2 Molde y base metálica.....	42
3.3 Pulido de la muestra en la lijadora.....	43

3.4 Muestra lijada.....	43
3.5 Base de apoyo.....	45
3.6 Presentación del software.....	46
3.7 Ventana principal del programa.....	46
3.8 Ventana verificador del instrumento.....	46
3.9 Ventana del contenido de análisis.....	47
3.10 Selección del grupo de análisis.....	48
3.11 Botón de inicio del análisis.....	48
3.12 Ventana con datos de un primer análisis.....	49
3.13 Ventana con datos de un tercer análisis.....	49
3.14 Ventana con datos en color rojo.....	52
3.15 Ventana con una fila seleccionada para eliminarse.....	53
3.16 Ventana abriendo result manager.....	54
3.17 Ventana result manager.....	55
3.18 Ventana seleccionando un archivo.....	56
3.19 Ventana data copy.....	56
3.20 Ventanas para escoger en que programa se desea abrir.....	57
3.21 Ventana para seleccionar que tabla abrir.....	57
3.22 Ventana de datos en microsoft excel.....	58
3.23 Ventana de referente.....	59
3.24 Ventana seleccionando waste discharge.....	60
3.25 Ventana del waste discharge.....	60
3.26 Ventana seleccionando la opción recalibration.....	61
3.27 Ventana principal de la opción recalibration.....	62
3.28 Ventana recalibration seleccionando un nombre de identificación.....	62

3.29 Ventana recalibration seleccionando el patrón a ensayar.....	62
3.30 Ventana recalibration con todas la columnas completas.....	63
3.31 Ventana de coeficientes alfa y beta.....	64
3.32 Panel de control del espectrómetro.....	65
3.33 Botella de agua.....	66
3.34 Regulador de flujo de gas argón en bypass.....	66
3.35 Manómetro de ingreso de gas argón al espectrómetro.....	67
3.36 Flujo de bola.....	67
3.37 Bomba de vacío.....	68
3.38 Indicador del nivel de aceite.....	68
3.39 Retiro de la manguera del espectrómetro y de la botella.....	69
3.40 Limpieza del interior de la manguera.....	69
3.4 Nivel de agua en la botella de agua.....	69
3.42 Filtros de polvo.....	70
3.43 Espectrómetro PDA 7000 – marca shimadzu.....	70
3.44 Compuerta de la cámara de vacío del espectrómetro.....	70
3.45 Posición de chispa.....	71
3.46 Base de apoyo sin el plato de muestras.....	72
3.47 Plato de muestras.....	72
3.48 Copa de polvo.....	72
3.49 Tornillo de ajuste y contra tuerca.....	72
3.50 Extracción del electrodo.....	73
3.51 Electrodo de tungsteno.....	73
3.52 Limpieza de conductos.....	73
3.53 Patrón de ajuste de altura del electrodo.....	74

3.54 Intercambiador de calor.....	75
3.55 Válvula principal del cilindro de argón.....	75
3.56 Sistema de distribución del argón.....	76
3.57 Ganchos de anclaje de las tapas.....	77
3.58 Desplazamiento del rodillo.....	77
3.59 Cambio de lija nueva.....	78
3.60 Balanceo del rodillo.....	78
3.61 Manija agitadora del filtro.....	78
3.62 Interior de la pulidora yodogawa.....	79
3.63 Filtro de limalla.....	79
3.64 Restos de limalla.....	79
4.1 Funcionamiento de PHP.....	81
4.2 Icono de instalación.....	89
4.3 Carpeta creada con el nombre novacero.....	90
4.4 Selección del contenido de la carpeta joomla.....	90
4.5 Navegador de Internet.....	90
4.6 Selección del contenido de la carpeta base de datos.....	91
4.7 Selección de la carpeta conectarse.....	92
4.8 Selección de la carpeta base_nova.....	92
4.9 Opción Guardar como tipo: CSV (delimitado por comas).....	93
4.10 Opción abrir con-Bloc de notas.....	93
4.11 Archivo en bloc de notas.....	94
4.12 Página de acceso al programa.....	94
4.13 Página principal del programa.....	95
4.14 Pestaña “Elija archivo”.....	95

4.15 Pestaña “Reportes”	96
4.16 Reporte de composición química.....	97
5.1 Máquina de tracción.....	98
5.2 Esquema del ensayo de doblado.....	99
5.3 Identador de acero o carburo de tungsteno.....	100
5.4 Probetas para ensayos metalúrgicos.....	103
5.5 Microestructura de una varilla de $\varnothing=8$ mm.....	105
5.6 Método de intersección ($\varnothing=8$ mm).....	106
5.7 Microestructura de una varilla de $\varnothing=12$ mm.....	107
5.8 Método de intersección ($\varnothing=12$ mm).....	108
5.9 Microestructura de una varilla de $\varnothing=16$ mm.....	109
5.10 Método de intersección ($\varnothing=16$ mm).....	110
5.11 Microestructura de una varilla de $\varnothing=8$ mm.....	111
5.12 Método de intersección ($\varnothing=8$ mm).....	112
5.13 Microestructura de una varilla de $\varnothing=12$ mm.....	113
5.14 Método de intersección ($\varnothing=12$ mm).....	114
5.15 Microestructura de una varilla de $\varnothing=16$ mm.....	115
5.16 Método de intersección ($\varnothing=16$ mm).....	116
5.17 Microestructura de una varilla de $\varnothing=12$ mm.....	117
5.18 Método de intersección ($\varnothing=12$ mm).....	118
5.19 Microestructura de una varilla de $\varnothing=16$ mm.....	119
5.20 Método de intersección ($\varnothing=16$ mm).....	120
5.21 Microestructura de una varilla de $\varnothing=25$ mm.....	121
5.22 Método de intersección ($\varnothing=25$ mm).....	122

5.23 Inclusiones tipo: (a) Sulfuros A 1½, (b) Alumina B 2½, (c) Silicatos C2½ y (d) Óxidos globulares D4.....	123
5.24 Inclusiones observadas en una varilla de 16 mm de diámetro – lote 2645. Ampliación original 5X.	124
5.25 Inclusiones observadas en una varilla de 8 mm de diámetro - lote 2870. Ampliación original 5X.....	125
5.26 Inclusiones observadas en una varilla de 12 mm de diámetro - lote 2893. Ampliación original 5X.....	126
5.27 Inclusiones observadas en una varilla de 16 mm de diámetro - lote 2888. Ampliación original 5X.....	127
5.28 Inclusiones observadas en una varilla de 12 mm de diámetro - lote 2870. Ampliación original 5X.....	127
5.29 Inclusiones observadas en una varilla de 16 mm de diámetro - lote 2870. Ampliación original 5X.....	128
5.30 Inclusiones observadas en una varilla de 25 mm de diámetro - lote 2904. Ampliación original 5X.....	128

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A.....	145
ANEXO B.....	146
ANEXO C.....	147
ANEXO D.....	148

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Dios por darnos la salud y la vida, permitiendo desarrollarnos como profesionales, a nuestros padres y a la Facultad de Mecánica por formar nuestro carácter y nuestras mentes.

De manera muy especial a la empresa NOVACERO S.A. por apoyarnos, capacitarnos y permitirnos realizar el presente proyecto.

DEDICATORIA

Dedico ésta tesis a mi madre (Julia) y a mi esposa (Sylvia) por brindarme todo su cariño y amor, su apoyo abnegado sin esperar nada a cambio y por haberme hecho comprender que sin esfuerzo no hay recompensa. A mis hermanos (Abel y Andrés) y de manera especial a mis hijos (Josué y Celeste) que son mi razón de ser y mi inspiración para seguir adelante.

H.I.G.R.

A mis padres (Miguel y Regina) por el apoyo moral y económico que me brindaron en los momentos más difíciles de mi vida, a mis abuelitos (Euclides y Matilde), a mi hermano (Angel) y a mi hermana (Mariana) que me supieron aconsejar y guiarme por el camino del bien, y esa persona especial (Sandra) que con su amor y cariño me motivaron para realizar este trabajo.

N.E.Q.P.

SUMARIO

La tesis se trata, “Elaboracion de procedimientos y metodos para el control de la produccion de los aceros producidos en novacero s.a.” Se ha realizado métodos y procesos para el manejo del espectrómetro PDA-7000 Shimadzu adquirido por Novacero S.A., sirve para ajustar y verificar la composición química del acero, y el manejo de los datos que proporciona el espectrómetro se ha implementado un programa que contiene una base de datos para el almacenamiento y presentación de reportes de análisis de composición química, este programa fue hecho en lenguaje de programación PHP (Personal Home Page) con una base de datos MySql y un diseñador de páginas Web llamado Joomla.

Además se realizó ensayos mecánicos y metalúrgicos para verificar la calidad de las varillas de construcción que se laminan en Novacero, como son: Ensayos de tracción, doblado, dureza, composición química, inclusiones, tamaño de grano y fases microestructurales presentes en las diferentes varillas que se fabrican en la empresa.

Con el análisis mecánico y metalúrgico de las varillas, la empresa podrá mejorar y optimizar los procesos de laminación y de control de calidad, fabricando así producto de alta calidad para sus clientes.

En este trabajo se especifican todos los procesos y parámetros que se debería realizar al acero desde su recepción como chatarra hasta el proceso de laminación y almacenamiento de las varillas; así como un manual de usuario para la utilización del espectrómetro, manual de instalación, manejo de la base de datos Novacero.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

El acero a través de la historia ha sido uno de los materiales más importantes para el desarrollo de la humanidad, se ha visto reflejado en todos los ámbitos de la ingeniería y en la actualidad se cuenta con un gran número de tipos que satisfacen casi completamente las necesidades industriales.

En nuestro país existen varias empresas dedicadas a la producción de acero, una de ellas es NOVACERO S.A., la cual tiene mucha experiencia en producir una gama de productos derivados del acero, como son tuberías y perfiles, modelos de estilpanel, varillas corrugadas, entre otros. Es necesario mencionar que de la palanquilla de acero se derivan muchos de los productos fabricados en la empresa.

La demanda mundial de acero ha elevado significativamente el precio de la palanquilla y, además ha producido escasez del mismo, lo cual ha forzado a que se produzcan paradas de planta. Por esta razón, entre otras, en la actualidad se está implantando un nuevo horno de fundición para la producción de palanquillas. El control de la calidad de la palanquilla y los productos de acero comprende la realización de análisis químicos, ensayos mecánicos y pruebas metalúrgicas de la palanquilla y los productos derivados de ésta.

NOVACAERO S.A., adquirió equipos para estos ensayos entre ellos, un Espectrómetro de Emisión Óptica de tecnología Japonesa, con estos equipos, se pretende mejorar significativamente la calidad de los productos.

Confiando en la formación de los estudiantes de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, NOVACERO S.A. solicitó, a la Facultad su cooperación para ejecutar una tesis de graduación para desarrollar los procedimientos de ensayo necesarios para controlar la calidad de su producción. En respuesta a esta solicitud y fiel al compromiso de la Facultad de contribuir al desarrollo industrial, se propone desarrollar esta tesis como un aporte al desarrollo tecnológico del país.

1.2 Justificación.

La producción del acero requiere controles muy precisos de composición química, características mecánicas y metalúrgicas con el fin de garantizar que el acero producido cumpla con los requisitos de la norma y especificaciones internas y externas. El análisis espectrométrico es una de las formas más efectivas para la determinación de composición química y genera una información muy valiosa sobre la muestra a ser evaluada.

Toda esta información permitirá realizar una comparación entre porcentajes de los elementos que constituyen el acero que se encuentra en proceso de producción y los establecidos por las normas correspondientes al proceso de producción deseado. Así se podrán efectuar acciones necesarias en la fundición para ajustar la composición química a los valores de referencia que establezca la norma y los estándares.

Este aporte tecnológico será de mucha importancia ya que se verá reflejado en la calidad, costos y garantía del producto terminado, con esto se busca satisfacer las demandas más exigentes del cliente.

Uno de los principales beneficiados será NOVACERO, ya no dependerá de otras empresas dedicadas al análisis químico espectrométrico y podrá, también ofrecer este servicio a otras instituciones y/o empresas que lo requieran. También es importante resaltar el hecho de que al aumentar la calidad de los productos se estará forzando a que otras empresas del sector hagan lo mismo y, consecuentemente, el beneficiario final será el consumidor ecuatoriano y el país en general, debido a que se producirán importantes reducciones de importación y se estará desarrollando y adaptando tecnología con un componente nacional muy importante.

Mediante la ejecución de éste trabajo se creará un vínculo ESPOCH - NOVACERO de cooperación y de beneficios, en la que los participantes de este proyecto y, eventualmente otros interesados de la ESPOCH, obtendrán una experiencia interesante al trabajar con esta empresa metalúrgica.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 GENERAL.

- Elaborar procedimientos y métodos para el control de la producción de los aceros producidos en NOVACERO S.A.

1.3.2 ESPECÍFICOS.

- Analizar el proceso de producción del acero para obtener varillas corrugadas de buena calidad.
- Instalar, poner en marcha y realizar procedimientos para el manejo del Espectrómetro de Emisión Óptica así como de los ensayos mecánicos y metalúrgicos.
- Realizar un plan de mantenimiento preventivo del espectrómetro.
- Realizar un programa que permita llevar un análisis estadístico sobre las diferentes pruebas requeridas para el control de producción de los aceros.
- Realizar ensayos mecánicos y metalúrgicos en las varillas corrugadas para verificar que se encuentren dentro de los estándares que exige la norma INEN.

CAPÍTULO II

2. PRODUCCIÓN DEL ACERO PARA OBTENER VARILLAS CORRUGADAS.[I]

2.1 Introducción.

La producción de acero para la fabricación de varillas corrugadas es un proceso en el cual se transforma la materia prima en un producto adecuado para la construcción, esto implica tener un estricto control de calidad en las diferentes etapas que cumple el acero para transformarse en el producto terminado.

En este capítulo se resume cómo se obtiene la varilla de construcción y cómo influye el espectrómetro en la calidad de la producción de la palanquilla.



Figura 2.1 Colado del Acero¹

2.2 Breve reseña histórica .

En la década de los sesenta el desarrollo de la economía ecuatoriana y por tanto de la industria de la construcción, impulsaron la constitución de ANDEC S.A., Acerías Nacionales del Ecuador, en el año de 1964, siendo en esa época la única laminadora

¹ www.Novacero.com.ec

existente en el país. La Dirección de Industrias del Ejército, DINE, se incorporó como accionista en 1984 y asumió el paquete accionario mayoritario en 1993.

Desde entonces ha obtenido una producción de 2.200.000 toneladas métricas de varillas de hierro para la construcción, material que ha sido empleado en casi todos los proyectos de importancia para la infraestructura del país, como: el Trasvase de Manabí, la Base Aérea de Manta, el Malecón 2000, los túneles de Guayaquil (El Cerro Santa Ana y El Cerro del Carmen); los hoteles JW. Marriott y Hilton Colón – Guayaquil, entre otros.

En el año 2000 implanta el proceso productivo, denominado TEMPCORE, tecnología con enfriamiento controlado para mejorar las propiedades mecánicas, de dureza, tenacidad y ductilidad a las varillas soldables, bajo la norma nacional INEN 2167 o internacional ASTM A-706.

El Complejo Siderúrgico ANDEC - FUNASA obtuvo la certificación ISO 9001 versión 94 el 21 de febrero del 2001, migrando a la versión ISO 9001:2000 el 12 de agosto de 2003, hecho trascendente que reafirma la calidad de sus productos.

El Complejo ANDEC-FUNASA significa para la producción nacional una estrategia empresarial importante, ya que las 70.000 toneladas de palanquilla de acero producidas anualmente por FUNASA, contribuye a un sustancial ahorro de divisas por concepto de importación de esta materia prima.

[2] En 1963, un grupo de empresarios ecuatorianos asumieron el reto de entregarle al país una industria del acero, que en forma técnica y económica, cubriera las necesidades del sector de la construcción y afines. Desde su creación, ACERÍA DEL ECUADOR C.A. - ADELCA a mantenido una permanente innovación en sus sistemas de producción y en los servicios prestados a sus clientes, siendo necesario reinvertir sus

beneficios, con la finalidad de dotarle a la empresa de una tecnología avanzada y personal capacitado.

[3] La multinacional ARMCO se constituye en Quito-Ecuador en 1972 como PRODUCTOS METÁLICOS ARMCO S.A. y orienta sus operaciones a la fabricación y comercialización de productos de acero. En 1983 se constituye ARMCO PAXI S.A. en la localidad de Lasso y de igual manera orienta sus actividades en la rama metalmeccánica. En el año de 1992 PRODUCTOS METÁLICOS ARMCO S.A. cambia de razón social a NOVACERO S.A., mientras que ARMCO PAXI S.A. cambia de denominación a ACERO PAXI S.A.

En el mes de Abril del año 2001, se inicia el proceso de fusión de NOVACERO S.A. Y ACERO PAXI S.A., proceso que concluyó en Enero del año 2002, denominándose la nueva empresa NOVACERO ACERO PAXI S.A.

Para inicio del año 2005 se toma la decisión del cambio de razón social de la compañía es así que NOVACERO ACERO PAXI S.A. pasa a denominarse NOVACERO S.A. desde el 16 de Junio del 2005, la razón fundamental de este cambio es dar un nombre y marca comercial en el mercado al nuevo producto, Varilla de construcción, iniciando su comercialización en Noviembre del mismo año.

2.3 Proceso de fabricación del acero.

Actualmente NOVACERO S.A., planta Lasso-Cotopaxi, se encuentra instalando un Horno de Arco Eléctrico para producir palanquilla SAE 1040 y SAE 1020, este horno trabajará 100% con chatarra metálica como materia prima. En este proyecto se ha generado unas 100 plazas de trabajo directamente.

2.3.1 El horno de arco eléctrico.

La chatarra de acero reciclada se funde y se convierte en acero de alta calidad a través de arcos eléctricos de alta potencia. La principal tarea de la mayoría de los hornos de arco eléctrico modernos es convertir las materias primas sólidas en acero crudo líquido lo más rápido posible y luego afinarlas aun más en los sucesivos procesos de la metalurgia secundaria.

Es el más versátil de todos los hornos para fabricar acero. No solamente puede proporcionar temperaturas de hasta 1.930 °C, sino que también puede controlarse eléctricamente con un alto grado de precisión, tiene un rendimiento del 90 al 93 % de chatarra cargada.

El horno de arco eléctrico consiste en un recipiente cilíndrico de metal de unos 5 metros de diámetro, esta recubierto internamente por material refractario para poder recibir el material fundido y su escoria a elevadas temperaturas.

Entre el ladrillo refractario y la chapa metálica, el horno tiene paneles que están refrigerados por agua, consta de una tapa llamada bóveda, en la cual existen agujeros de unos 50 a 70 cm. De diámetro por donde entra los electrodos de grafito.

Tiene tres electrodos móviles en la parte superior, los cuales pueden bajar y subir dentro del horno dependiendo de la fase en que se encuentre el acero, están conectados a un transformador que varía el voltaje e intensidad de corriente para fundir la chatarra.

El horno es basculante, esta montado sobre rodamientos que le permiten vaciar la escoria y la colada de acero, la capacidad normal del horno esta entre 50 y 100 toneladas métricas y el tiempo normal entre colada y colada esta entre 45 minutos a 2 horas.

Tiene una puerta ubicada en una de las paredes de la parte posterior del horno, esta abertura se utiliza para el desescoriado de la colada o para inyectar oxígeno y carbono utilizando lanzas consumibles.

2.3.2 La chatarra.

La operación del horno de arco eléctrico se basa en el reciclado de chatarra de acero, junto con adiciones limitadas de ferro-aleaciones a fin de alcanzar la composición deseada. La chatarra de acero se divide según su procedencia en tres grupos:

- ❖ Chatarra reciclada o interna, se trata de una chatarra de excelente calidad, formada por despuntes, rechazos, etc. Originados en la propia fábrica.
- ❖ Chatarra de transformación, es la que se produce durante la fabricación de piezas y componentes de acero (Virutas de máquinas y herramientas, recortes de prensas y guillotinas, etc.)
- ❖ Chatarra de recuperación o comercial²: Esta suele ser la mayor parte de la chatarra que se emplea en la acería y procede del desarme de edificios con estructuras de acero, plantas industriales, barcos, automóviles, electrodomésticos, tuberías, etc.

² <http://www.ipac.com>



Figura 2.2 Patios de chatarra-novacero.

La calidad de la chatarra depende de tres factores:

- Su facilidad para ser cargada en el horno.
- Su composición, siendo fundamental la presencia de elementos residuales que sean difíciles de eliminar en el proceso del horno.
- Su comportamiento de fusión (densidad de la chatarra, tamaño, espesor, forma)

La chatarra se somete a severos controles e inspecciones, con el fin de obtener un elevado grado de calidad en sus productos terminados, este proceso se lleva a cabo en sus orígenes, desde su recepción hasta su utilización.

En Novacero S.A. planta Lasso, se sigue el siguiente proceso con la materia prima:

1. La chatarra se pesa y se coloca con una retroexcavadora en los patios de chatarra.
2. Luego la chatarra de recuperación se coloca en una prensa para que se comprima en cubos de un metro de lado.
3. La chatarra procedente de las petroleras como es la tubería, se coloca en un lugar apropiado para cortar en pedazos de un máximo de 50 cm. de largo.

4. La chatarra de transformación de la empresa como las limallas y la chatarra reciclada como los despuntes que salen del proceso de laminación se llenan en tanques metálicos para ser transportados a los patios de chatarra de la planta.

Los procesos de trozado y de compresión de la chatarra se realizan con el objeto de acomodar el tamaño en el ingreso al horno y para que las pérdidas de energía en la fundición sean mínimas.

En la Figura 2.3 se muestra la abundancia aproximadamente de chatarra que se encuentra en los patios de Novacero.

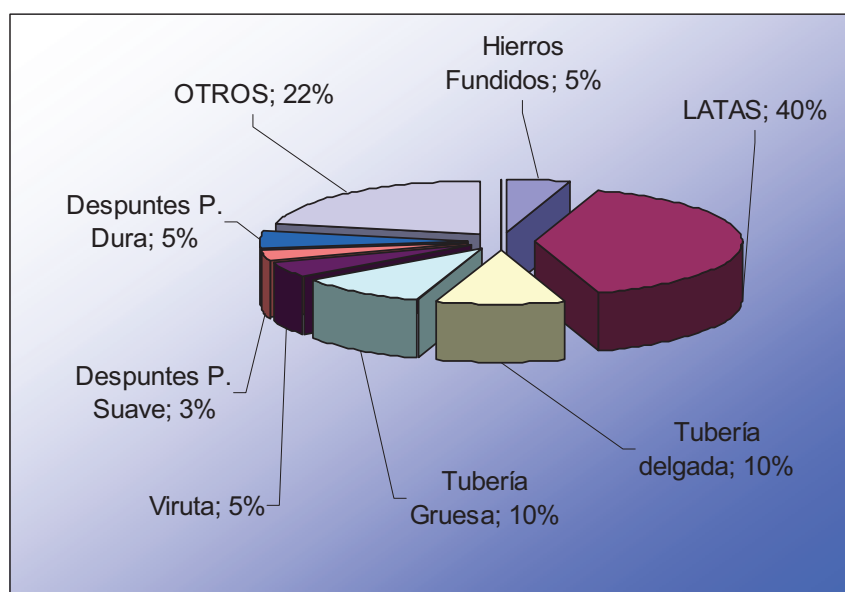


Figura 2.3 Abundancia de chatarra en novacero.

Se considera una chatarra de buena calidad al acero que emite poca cantidad de humo al momento de ser fundido, tales como: hierros fundidos, chatarra sin mucha cantidad de óxidos, etc.

Se realizó un muestreo y un análisis sobre la composición química de la chatarra que se tiene en Novacero, la cual se presenta en la Tabla 2.1:

NOMBRE	Tubería		Despunte		FeFUNDIDO	Chatarra en general			
	Delgada	Gruesa	P.DURA	P.SUAVE	Laminar	Viruta	Latas	Otros	PLATINA
Ele.Quim.	%	%	%	%	%	%	%	%	%
C	0,1760	0,2300	0,3470	0,1990	3,2600	0,389	0,0750	0,1310	0,5750
Si	0,2320	0,2550	0,2420	0,1300	1,0500	0,161	0,0310	0,0070	0,2600
Mn	0,6960	1,3800	1,4200	0,4830	0,4340	1,12	0,2850	0,4840	0,7920
P	0,0089	0,0135	0,0257	0,0155	0,0359	0,0059	0,0077	0,0178	0,0199
S	0,0030	0,0053	0,0148	0,0244	0,0950	0,0284	0,0043	0,0102	0,0115
Ni	0,0360	0,0150	0,0610	0,0160	0,1230	0,078	0,0050	0,0070	0,0320
Cr	0,0320	0,0170	0,0840	0,0260	0,0900	0,091	0,0140	0,0150	0,8020
Mo	0,0100	0,0020	0,0110	0,0000	0,0470	0,016	0,0030	0,0020	0,0070
Cu	0,0800	0,0100	0,1940	0,0210	0,0170	0,219	0,0080	0,0080	0,0980
Sn	0,0076	0,0000	0,0233	0,0026	0,0003	0,0064	0,0023	0,0000	0,0205
Al	0,0330	0,0450	0,0130	0,0120	0,0520	0,009	0,0680	0,0460	0,0130
Nb	0,0000	0,0000	0,0250	0,0000	0,0000	0	0,0020	0,0000	0,0000
As	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0024	0,0021	0,0000	0,0321
Ti	0,0020	0,0084	0,0019	0,0015	0,0214	0,0012	0,0020	0,0014	0,0038
V	0,0000	0,0040	0,0010	0,0020	0,0040	0	0,0030	0,0010	0,0030
B	0,0003	0,0017	0,0005	0,0006	0,0003	0,0005	0,0006	0,0004	0,0000
Pb	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0052	0,0009	0,0034	0,0000	0,0000
Sb	0,0000	0,0000	0,0000	0,0029	0,0458	0	0,0000	0,0000	0,0009
N	0,0000	0,0000	0,0000	0,0066	0,1528	0	0,0000	0,0000	0,0000
Fe%	98,0000	98,0000	97,0000	99,0600	94,4000	97	99,0000	99,0000	97,0000

Tabla 2.1 Composición química de la chatarra.

2.3.3 Descripción del proceso de fusión.

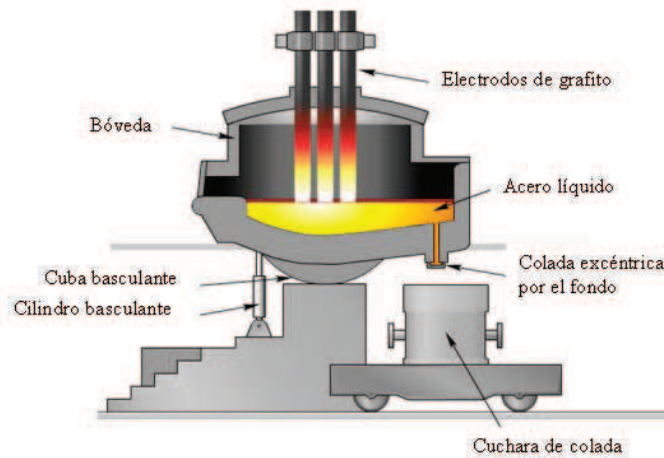


Figura 2.4 Horno de arco eléctrico, vista en corte³.

Previo al comienzo de las operaciones de fusión y calentamiento, el horno de arco eléctrico (Figura 2.4) se carga con 55 toneladas de chatarra en tres etapas de fundición, 25, 15 y 15 toneladas respectivamente, siendo lo ideal dos cargas de 25 y 30 toneladas por cuestiones de costos de operación.

Junto a la carga de chatarra se debe añadir el formador de escoria, como es la cal, este se debe cargar cerca de las paredes del horno.

La chatarra se coloca en un orden específico en el horno para que el ladrillo refractario del horno no se fracture y los electrodos no se rompan con el desmoronamiento de la chatarra en el momento de fundirla y para que exista un buen contacto entre los electrodos (Figura 2.5).

³ www.steeluniversity.org; EAF

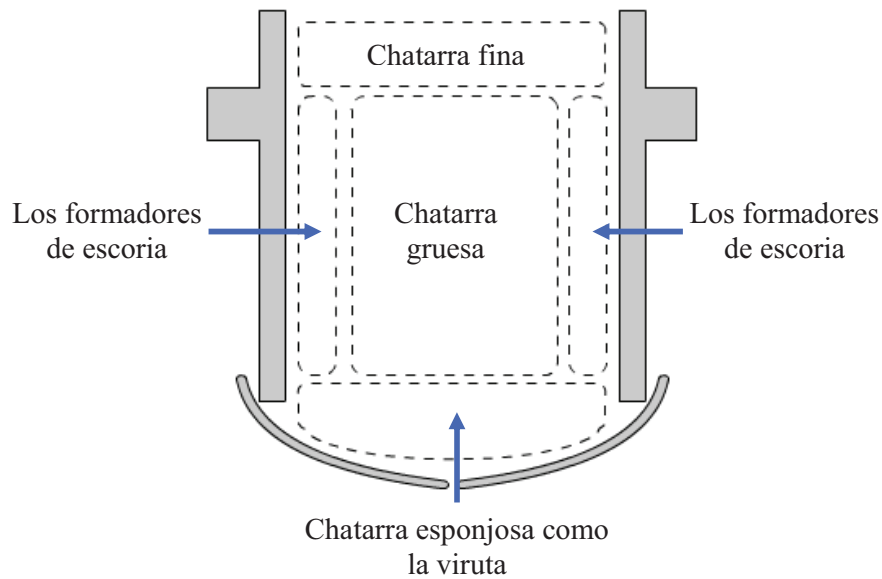


Figura 2.5 Orden en la que se debe colocar la chatarra dentro del horno⁴.

Luego de cargar la primera canasta de chatarra, se cierra la bóveda y tres electrodos de grafito descienden hasta la chatarra para empezar la fusión, la energía eléctrica se enciende y al contacto se transforma en calor.

A medida que la chatarra se funde, comienza a formarse un baño de acero líquido flotando una escoria primaria, con un sobrecalentamiento el acero líquido se lleva a temperaturas superiores de 1650 °C.

Los electrodos se bajan a medida que la chatarra se funde y se hunde dentro de la misma chatarra. El movimiento vertical de los electrodos se obtiene mediante el ajuste de la posición de los brazos de los electrodos, que se controlan por la realimentación del sistema eléctrico, supervisando constantemente el rendimiento eléctrico y apuntando a un ingreso óptimo de energía en un punto específico predefinido.

⁴ www.steeluniversity.org; EAF

A medida que la chatarra se funde, se dispone de mayor volumen dentro del horno y en un determinado momento la energía eléctrica se corta, se abre el techo del horno y otra canasta de chatarra es cargada en el horno. Se enciende otra vez la energía eléctrica y comienza la fusión de la segunda canasta.

Cuando la tercera canasta de chatarra se ha fundido completamente y se ha formado una escoria primaria se procede a retirarla del baño, ya que tiene una alta actividad de oxígeno (Escoria ácida), la temperatura del baño debe estar comprendida entre 1560 a 1580 °C para que en ese instante se tome una muestra y se analice la composición química. Cuando se retira la escoria primaria de la colada se deja el “baño limpio”, esto es perjudicial debido a que las paredes laterales del horno pueden verse afectadas por la radiación de los arcos eléctricos generado por los electrodos, y se puede reducir la eficiencia energética del horno. Para contrarrestar esto se vuelve a generar una nueva escoria agregando unos 10 Kg de cal por tonelada cargada, es decir unos 500 Kg de cal para el proceso de defosforación y desulfuración.

2.3.4 Descripción del proceso de afino.

La fundición y afinación del acero se realizará en el mismo horno, esto hace del proceso muy obsoleto ya que la producción se reduce y alear se vuelve un problema.

Para obtener 50 Tn. de acero líquido, se necesita añadir aproximadamente:

600Kg de Ferromanganeso
150-200Kg de Ferrosilicio
60 Kg de Cal por cada tonelada cargada
15 a 20Kg de Carbón en polvo por cada tonelada cargada

Tabla 2.2 Consumo por colada.

Durante este período se pueden realizar algunas operaciones metalúrgicas tales como la desulfuración, la defosforación y la descarburación.

Para recuperar el hierro de la escoria y para formar una escoria espumante protectora, se inyecta de 10 a 30 Nm³/min de oxígeno en el acero líquido, donde se oxida fundamentalmente el hierro de acuerdo a la reacción:



En la fase de escoria para que el óxido de hierro sea reducido en forma de gas CO (Monóxido de carbono) se inyecta 20 Kg/min de polvo de carbono por 3 minutos, luego de 2 minutos de haber empezado a inyectar el oxígeno,



El gas CO es un componente crítico para la obtención de una escoria espumante. La temperatura de la colada también influye en la espumabilidad de la escoria, ya que si se tiene una escoria que no sea totalmente líquida, pero que contenga un porcentaje de material sólido, como por ejemplo cal no disuelta, producirá un cambio en la viscosidad aparente de la escoria.

Si bien es cierto la oxidación de aleaciones es evidente en la operación del horno, estas darán como resultado en la escoria elementos valiosos como el hierro, manganeso, etc., por razones económica se hace necesario recuperar este y otros elementos añadiendo ferro-aleantes.

Se adiciona, unos 550 Kg. de ferro-manganeso y unos 150 Kg. de ferro-silicio, para llegar a un primer ajuste, dependiendo de los resultados de composición química que se obtengan en el análisis por espectrometría.

Analizada la primera muestra se observa como están los valores de azufre y fósforo, estos dos elementos químicos son perjudiciales para las propiedades mecánicas

del acero, se necesitan que tengan un contenido de azufre y de fósforo de 0.04 y 0.04 % como máximos respectivamente según la norma INEN 102:2003.

Para defosforar se debe mantener baja la temperatura de la colada (Entre 1560 a 1580°C), mientras que para desulfurar se mantiene por unos 10 minutos a altas temperaturas y en presencia de un flujo de 100 a 110 lt/min de argón.



Figura 2.6 Suministro de argón.

El argón pasa por un tapón poroso (ladrillo poroso) (Figura 2.6), se pega al azufre, lo sube y lo deja en la escoria, el argón es de vital importancia durante la afinación, ya que se consigue:

- Homogeneizar la composición química del baño;
- Homogeneizar la temperatura del baño;
- Facilitar los intercambios entre la escoria y el metal que son esenciales para los procesos tales como la desulfuración.
- Acelerar la remoción de inclusiones en el acero.

Las ventajas de inyectarse argón por el fondo del horno son:

- “zona muertas” minimizadas (las zonas muertas son las áreas del baño de acero donde existe escasa o nula circulación).
- Acción de agitación uniformemente dispersa.

- Efecto de presión ferrostática maximizado.
- Fuerte circulación descentrada.
- Excelente contacto entre la escoria y el metal, por lo que existe una buena eliminación de azufre y fósforo.
- Absorción de hidrógeno y nitrógeno moderada.
- Acero más limpio.
- Posibilidad de agitar continuamente la cuchara en cualquier parte.

Y las desventajas de inyectar argón son:

- Fuerte desgaste localizado en el material refractario.
- Régimen de construcción del horno más riguroso.
- Riesgo de “roturas”.

El calentamiento continúa por cierto tiempo a fin de sobrecalentarse el acero hasta la temperatura final de la colada entre 1630 a 1660 °C en un tiempo máximo de una hora con veinte minutos.

Previo a un análisis de composición química, se añade una cierta cantidad de Ferro-manganeso si es necesario, cuando se tenga la composición y la temperatura adecuada en el acero, se corta el suministro de energía eléctrica del horno y se procede al colado del mismo en la cuchara para que empiece el proceso de colada continua.

El proceso de control en la fase de afino es el siguiente:

Luego de mantener la temperatura adecuada en la colada para que se realicen las diferentes reacciones químicas dentro del horno, se procede a tomar una muestra del interior de la colada.

Se toma una muestra y se vierte en un molde en coquilla, se espera unos minutos para que se enfríe y está listo para ser analizado. El proceso de análisis de composición química se verá en el próximo capítulo.

Según los resultados que se obtenga se lleva a cabo las correcciones necesarias para acomodar la composición química del metal fundido.

Si el material fundido es muy bajo en carbono, se puede agregar granallas de carbono o se puede sumergir los electrodos de carbono de desecho, de esta manera se logra un control de la producción del acero en tiempo real.

Cuando la composición química de la masa fundida cumple con las especificaciones, el horno se inclina para verter la escoria, luego el acero fundido es vaciado en una cuchara móvil para llevar al proceso de la colada continua.

En el proceso de colada continua se debe tomar muy en cuenta el radio de curvatura que forman los rodillos, la velocidad de enfriamiento para la formación de la cascarilla y la distancia entre los rodillos para que no se produzca el abarrilamiento de la palanquilla.

2.3.5 Cálculo de la carga en el horno.

El cálculo de la carga de chatarra y aditivos se baso en un rendimiento del 93 por ciento, en una carga de 55 toneladas de chatarra y se consideró una relativa abundancia de las chatarras que existen en Novacero.

			Abundancia (%)
Chatarra de transformación	VIRUTA(Limaduras de acero)		5
Chatarra de recuperación	LATAS		40
	Tubería	Delgada	10
		Gruesa	10
Chatarra reciclada	Despuntos	P. Dura	5
		P. Suave	3
Chatarra de recuperación	Hierros fundidos	Laminar	5
	Otros	Aceros	22
TOTAL			

Tabla 2.3 Clasificación de la chatarra.

En la Tabla 2.4 se muestra el análisis de composición química realizado a las diferentes chatarras que tienen mayor presencia en los patios de la empresa.

Nombre Elem.	5		40		10		10		5		3		5		22		100	
	%	Tn	%	Tn	%	Tn	%	Tn	%	Tn	%	Tn	%	Tn	%	Tn	%	Tn
Tn	2,75		22		5,5		5,5		2,75		1,65		2,75		12,1		55	
Viruta	0,389	0,0107	0,0750	0,0144	0,1760	0,0097	0,2300	0,0127	0,3470	0,0095	0,1990	0,0055	3,2600	0,0538	0,1310	0,0180	0,1343	0,2442
Latas	0,161	0,0044	0,0310	0,0060	0,2320	0,0128	0,2550	0,0140	0,2420	0,0067	0,1300	0,0036	1,9500	0,0173	0,0070	0,0010	0,0657	0,1195
T2(Grueso)	1,12	0,0308	0,2850	0,0549	0,6960	0,0383	1,3800	0,0759	1,4200	0,0391	0,4830	0,0133	0,4340	0,0072	0,4840	0,0666	0,3259	0,5925
D.DURA	0,0059	0,0002	0,0077	0,0015	0,0089	0,0005	0,0135	0,0007	0,0257	0,0007	0,0155	0,0004	0,0359	0,0006	0,0178	0,0024	0,0070	0,0128
D.SUAVE	0,0284	0,0008	0,0043	0,0008	0,0030	0,0002	0,0053	0,0003	0,0148	0,0004	0,0244	0,0007	0,0950	0,0016	0,0102	0,0014	0,0061	0,0111
Fefundido	0,078	0,0021	0,0050	0,0010	0,0360	0,0020	0,0150	0,0008	0,0610	0,0017	0,0160	0,0004	0,1230	0,0020	0,0070	0,0010	0,0110	0,0200
Otros	0,091	0,0025	0,0140	0,0027	0,0320	0,0018	0,0170	0,0009	0,0840	0,0023	0,0260	0,0007	0,0900	0,0015	0,0150	0,0021	0,0145	0,0263
Total	0,016	0,0004	0,0030	0,0006	0,0100	0,0006	0,0020	0,0001	0,0110	0,0003	0,0000	0,0000	0,0470	0,0008	0,0020	0,0003	0,0030	0,0055
	0,219	0,0060	0,0080	0,0015	0,0800	0,0044	0,0100	0,0006	0,1940	0,0053	0,0210	0,0006	0,0170	0,0003	0,0080	0,0011	0,0198	0,0360
	0,0064	0,0002	0,0023	0,0004	0,0076	0,0004	0,0000	0,0000	0,0233	0,0006	0,0026	0,0001	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0018	0,0032
	0,009	0,0002	0,0680	0,0131	0,0330	0,0018	0,0450	0,0025	0,0130	0,0004	0,0120	0,0003	0,9520	0,0009	0,0460	0,0063	0,0255	0,0464
	0	0,0000	0,0020	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0250	0,0007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0020
	0,0024	0,0001	0,0021	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0009
	0,0012	0,0000	0,0020	0,0004	0,0020	0,0001	0,0084	0,0005	0,0019	0,0001	0,0015	0,0000	0,0214	0,0004	0,0014	0,0002	0,0016	0,0030
	0	0,0000	0,0030	0,0006	0,0000	0,0000	0,0040	0,0002	0,0010	0,0000	0,0020	0,0001	0,0040	0,0001	0,0010	0,0001	0,0011	0,0020
	0,0005	0,0000	0,0006	0,0001	0,0003	0,0000	0,0017	0,0001	0,0005	0,0000	0,0006	0,0000	0,0003	0,0000	0,0004	0,0001	0,0003	0,0006
	0,0009	0,0000	0,0034	0,0007	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0052	0,0001	0,0000	0,0000	0,0008	0,0014
	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0029	0,0001	0,0458	0,0008	0,0000	0,0000	0,0008	0,0015
	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0066	0,0002	0,1528	0,0025	0,0000	0,0000	0,0027	0,0049
Fe%	97,8713	2,6915	99,4836	21,8864	98,6827	5,4275	98,0131	5,3907	97,5357	2,6822	99,0569	1,6344	94,5663	2,6006	99,2692	12,0116	54,3249	98,7726

Tabla 2.4 Análisis químico de las diferentes chatarras.

El cálculo de la temperatura (líquidos) mínima de la colada, se realiza con la siguiente ecuación

$$T_{liq} = 1537 [78\%C + 7.6\%Si + 4.9\%Mn + 34\%P + 30\%S + 5\%Cu + 3.1\%Ni + 1.3\%Cr]^5$$

$$T_{liq} = 1537 [78 \times 0.24 + 7.6 \times 0.12 + 4.9 \times 0.59 + 34 \times 0.012 + 30 \times 0.011 + 5 \times 0.036 + 3.1 \times 0.02 + 1.3 \times 0.026]$$

$$T_{liq} = 1513.5^\circ\text{C}$$

Los valores que se muestran en la Tabla 2.5, son valores de palanquilla laminadas en Novacero, y son consideradas como excelentes en la producción de varilla, es por ello que estos valores se consideraron en la composición química final para el cálculo de adición de ferro-aleaciones.

C.E.	0,56-0,64
%C	0,37-0,43
%Mn	1,05-1,2
%Si	0.2
%P, máx.	0,05
%S, máx.	0,05
Límite de fluencia	420 MPa
Resistencia máx.	620 MPa

Tabla 2.5 Composición química de las mejores palanquillas laminadas en novacero.

El cálculo de la cantidad de ferro-aleaciones se realizó con la siguiente relación:

$$m_{\text{Aditivo}} = \frac{100 \times \Delta\%X \times M}{\% \beta \times \% \Gamma} \quad 6$$

m_{Aditivo} = Masa de la aleación.

M = Masa en la cuchara (Kg)

⁵ www.steeluniversity.org; EAF

⁶ www.steeluniversity.org; EAF; pp 17

$\Delta\%X$ = Diferencia en porcentaje entre la aleación requerida y la real.

$\%\beta$ = Porcentaje de aleación madre.

$\%\Gamma$ = Tasa de recuperación de X en porcentaje.

Y el cálculo de la cantidad de elementos absorbidos en el proceso se realizó con la siguiente expresión:

$$\%X = \frac{m_{\text{Aditivo}} \times \%\beta \times \%\Gamma}{100 \times M} \quad 7$$

m_{Aditivo} = Masa de la aleación

M = Masa en la cuchara (Kg)

$\%X$ = Elemento absorbido.

$\%\beta$ = Porcentaje de aleación madre.

Γ = Tasa de recuperación de X en porcentaje.

La composición química del porcentaje de aleación madre y la tasa de recuperación de los materiales aleantes que se añadan en la colada se tomaron de la Tabla A1 de anexos.

		Ferro-Aleaciones Necesarias (Kg)							
CHATARRA		Ferosilicio(75)		Ferromanganeso(H.C.)		Carbón		Composición	
TOTAL		74,97		459,74		61,26		Final	
Ele.	Tn	%	Cantidad%	Absorve%	Cantidad%	Absorve%	Cantidad%	Absorve%	%
C	0,1343	0,2442	0,08	0,00	6,70	0,05	99,99	0,35	0,40
Si	0,0657	0,1195	60,30	0,20	1,00	0,01			0,21
Mn	0,3259	0,5925			76,50	1,20			1,20
P	0,0070	0,0128	0,014	0,0000	0,30	0,0025			0,02
S	0,0061	0,0111	0,002	0,0000	0,03	0,0002	0,01	0,0000	0,01
Ni	0,0110	0,0200							0,02
Cr	0,0145	0,0263							0,03
Mo	0,0030	0,0055							0,01
Cu	0,0198	0,0360							0,04
Sn	0,0018	0,0032							0,00
Al	0,0255	0,0464	1,23	0,0015					0,05
Nb	0,0011	0,0020							0,00
As	0,0005	0,0009							0,00
Ti	0,0016	0,0030	0,05	0,0001					0,00
V	0,0011	0,0020							0,00
B	0,0003	0,0006							0,00
Pb	0,0008	0,0014							0,00
Sb	0,0008	0,0015							0,00
N	0,0027	0,0049							0,00
Fe%	54,3249	98,7726	38,32	0,05	15,47	0,129			98,95

Tabla 2.6 Cálculo de ferro-aleaciones.

2.3.6 El proceso de colada continua.

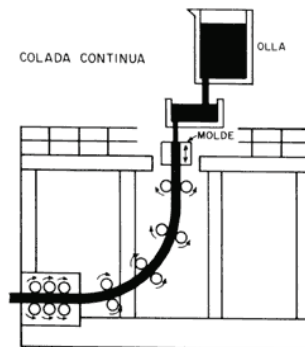


Figura 2.7 Proceso de colada continua.

El acero líquido de la cuchara se vacía en la artesa, en la cual se abre la compuerta y a velocidad controlada, pasa a un molde de sección cuadrada para formar la palanquilla, el acero mientras se desliza a través de los rodillos es enfriado con chorros de agua fría, formándose una costra sólida que se extiende en toda la palanquilla, la cual ayuda a que se mantenga la forma y no se deforme por la presión ferro-estática del acero.

El molde o palanquilla falsa sirve para guiar la colada a través del proceso en el momento inicial. El acero ya sólido pero al rojo vivo, pasa por una serie de rodillos que lo transporta hasta llegar a una mesa donde continúa el enfriamiento con agua.

Las palanquillas son cortadas en tramos de longitudes deseadas, con sopletes de oxígeno y Gas Licuado de Petróleo (GLP), finalmente la palanquilla pasa a una cama de enfriamiento en el ambiente.

Luego se identifican con un número, dependiendo a que colada pertenece, finalmente son apiladas y almacenadas para luego pasar al proceso de laminación, la palanquilla es la materia prima para producir las varillas de construcción.

2.3.7 El proceso de laminación.

Luego de haberse formado la palanquilla de 13 X 13 X 450 cm. y a una temperatura de 500 a 700 °C, en el proceso anterior, de forma continua se ingresa al horno de calentamiento.



Figura 2.8 Horno de calentamiento.

El horno se encuentra aproximadamente a 1250 °C, gracias a la quema de diesel y bunker, luego de 2 horas que se ha dejado la palanquilla en su interior, se abre la

puerta del horno y sale la palanquilla a su primer encuentro con tres rodillos de laminación dispuestos de manera horizontal.

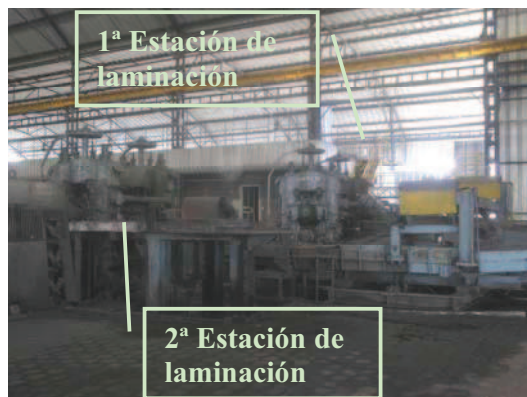


Figura 2.9 Primera y segunda estación de laminación.

Con la ayuda de un mecanismo de avance y retroceso se pasa 6 veces la palanquilla por los primeros rodillos de laminación, los cuales dejan a la palanquilla con una sección rectangular, luego la palanquilla ingresa a un segundo par de rodillos de laminación para darle una séptima pasada, luego ingresa a la estación ocho de laminación en la cual sale con una sección ovalada de unos 60 cm de diámetro.

Antes de ingresar a la siguiente estación, se realiza un despunte en el inicio de la palanquilla, la cual sigue una trayectoria recta y pasa por 10 estaciones de laminación, el conformado de la corruga y el diámetro final se da en la estación número 18, la cual tiene dos rodillos dispuestos en posición vertical, para que a medida que se desgaste los canales se vayan cambiando de posición.

Al salir de la caseta N° 18 la varilla sigue hasta un segundo despunte, el cual se da en el final de la varilla laminada.

Un par de canales de dos rodillos resiste 50 toneladas de varilla laminada de $\frac{1}{2}$ in y un rodillo completo resiste una semana con una producción de 1000 a 1200 toneladas. La velocidad de los rodillos es constante hasta la caseta N° 14, desde la caseta N° 15 hasta la caseta N° 18 la velocidad de rolado es más rápida.



Figura 2.10 Estación de laminación N° 18.

La varilla laminada luego de haber recorrido unos 250 metros en 2 minutos, llega a su punto final en la mesa de enfriamiento, en donde los brazos giratorios, sincronizadamente sacan a la varilla de su trayectoria, luego un mecanismo transporta a cada una de ellas en la posición que se observa en la Figura 2.11.

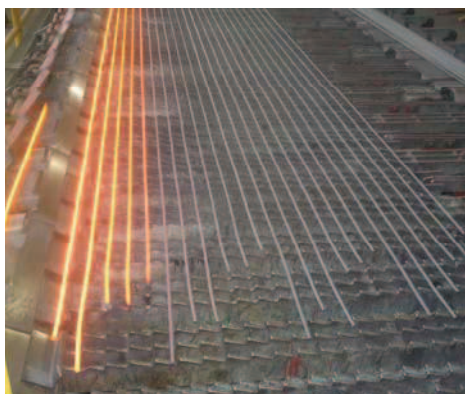


Figura 2.11 Mesa de enfriamiento.

Luego se procede a su apilamiento y se transporta hasta la cizalla en donde se corta de 12 metros de largo, la varilla cortada se transporta hasta una mesa de empaque, en donde se agrupan en paquetes de 1 tonelada, dependiendo del diámetro de la varillas, por último se transporta los paquetes a la bodega de almacenamiento y despacho.



Figura 2.12 Cizalla de corte y mesa de control de calidad.



Figura 2.13 Mesa de empaque.

Cada palanquilla en el ingreso del horno tiene un peso promedio de 597 Kg., en el proceso de laminación se tiene una pérdida del 5% aproximadamente en despuntes, obteniéndose unos 567 Kg. de producto final.

Para una producción de varilla de 12 mm de diámetro (la más comercializada) se obtienen 53 a 54 varillas, es decir, cada paquete tendrá 94 varillas para completar una

tonelada. Luego se realiza un muestreo de 10 varillas de un lote de producción, para que se realice los ensayos mecánicos pertinentes exigidos por la norma INEN 102.

No todo el tren de laminación es automático, existen algunos procesos que es controlado por personal calificado.



Figura 2.14 Almacenaje del producto terminado.

2.4 Parámetros de control durante la fabricación del acero.

Cuando la chatarra se recibe en la planta, se somete a estrictos controles, los cuales se detallan en el siguiente nivel:

- Inspección visual en el momento de la descarga.
- Inspección en el origen de la compra.
- Inspección de materiales no metálicos como explosivos, inflamables, material radiactivo, etc. Todos estos materiales que conlleven a poner en riesgo al personal de la planta y alteren el peso de la chatarra son retirados y devueltos.

Para el ajuste de la composición química en el proceso de fundición, NOVACERO S.A. planta Lasso cuenta con un “Espectrómetro de Emisión Óptica PDA 7000 Shimadzu” de alta precisión con el cual se realizara la cuantificación de los elementos químicos presentes en aceros de baja aleación, aceros inoxidable y zinc puro.

En todo momento del proceso se realizará la toma de muestras de la colada para evaluar el exceso de algunos elementos que influyen en las características y propiedades mecánicas del acero.

Se recuerda que el carbono es responsable de dar la dureza y alta resistencia al acero, el azufre y el fósforo, se consideran como impurezas y son elementos perjudiciales en los aceros, ya que reducen la ductilidad y la resistencia al impacto, el azufre no permite soldar ya que produce agrietamientos en el acero, pero existen elementos aleantes como: el cromo, que ayuda a formar ferrita aumentando la profundidad de endurecimiento, aumenta la resistencia a elevadas temperaturas y evita la corrosión.

En el proceso de laminado se tiene un estricto control en el calentamiento de la palanquilla en el interior del horno y el enfriamiento en la mesa, como la empresa trabaja con un acero de 0.4 % de carbono, las varillas se vuelven susceptibles a cambios en su microestructura en un rango de enfriamiento desde los 800 a 500 °C.

2.5 Espectrómetro.

2.5.1 Introducción.

La luz blanca que procede del Sol, es la principal radiación que se recibe en nuestro planeta, un aparato capaz de obtener el espectro de una radiación, es decir, de separar la radiación en sus componentes, se llama un espectroscopio, si el aparato es capaz de fotografiarla se llama un espectrógrafo, y si es capaz de medir cada longitud de onda se trata de un espectrómetro.

Es por ello que para cuantificar los elementos químicos que conforma un material se utiliza un aparato llamado espectrómetro.

2.5.2 Tipos de espectrómetros.

Se ha desarrollado comercialmente una gran variedad de tipos de espectrómetros, prácticamente, existe un espectrómetro especializado en cada tipo de medición:

- Espectrómetro de rayos X.
- Espectrómetros de emisión óptica.
- Espectrómetro de masas.
- Espectrómetro de neutrones, utilizado en trabajos de investigación lunar.

2.5.3 El espectrómetro de masas.

Es un instrumento que analiza con una gran precisión la composición química de diferentes elementos e isótopos atómicos, separando los núcleos atómicos en función de

su relación masa-carga (m/z), la espectrometría de masas utiliza el movimiento de iones en campos eléctricos y magnéticos para clasificarlos.

El espectrómetro de masas mide razones carga/masa de iones, calentando un haz de material del compuesto a analizar hasta vaporizarlo e ionizar en diferentes átomos. El haz de iones produce un patrón específico en el detector que permite analizar el compuesto químico.



Figura 2.15 Espectrómetro de masas de doble sector (SIDI, UAM)⁷.

2.5.3.1 Funcionamiento del espectrómetro de masas.[4]

Su funcionamiento es muy simple, por ejemplo, se vaporiza sal de mesa (NaCl) y se analizan los iones en la primera parte del espectrómetro de masa. Esto produce iones del sodio e iones del cloro que tienen pesos moleculares específicos. Estos iones también tienen una carga, que significa que debido a ella tendrán movimiento bajo influencia de un determinado campo eléctrico.

Estos iones se envían a un compartimiento de aceleración y se pasan a través de una lámina metálica. Se aplica un campo magnético a un lado del compartimiento que atrae a cada uno de los iones con la misma fuerza (suponiendo carga idéntica) y se los desvía sobre un detector. Naturalmente, los iones más ligeros se desviarán más que los

⁷ www.uam.es./investigacion/servicios/sidi/especifica/masas.html

iones pesados porque la fuerza aplicada a cada ion es igual pero los iones ligeros tienen menos masa. El detector mide exactamente cuán lejos se ha desviado cada ion y, a partir de ese dato se calcula el "cociente masa por unidad de carga".

Con esta información es posible determinar con un alto nivel de certeza cuál es la composición química de la muestra original. El elemento final del espectrómetro de masas es el analizador total, el cual es un detector que registra la carga inducida o la corriente producida cuando un ion pasa cerca o golpea una superficie.

2.5.3.2 Utilidad del espectrómetro de masas

Los espectrómetros de masas pueden proporcionar un alto grado de resolución como ayuda a los análisis de mezclas complejas. Por ejemplo, los productos del refinado y procesamiento del petróleo, que contienen normalmente hidrocarburos muy similares, son difíciles de separar con métodos de análisis químico convencional, en el campo de la biología molecular, los espectrómetros de masas en serie permiten determinar en pocos minutos la secuencia lineal de los aminoácidos de una proteína.

2.5.4 Espectrómetro de emisión óptica.

2.5.4.1 Longitud de onda de la radiación.

La principal emisión de radiación de los cuerpos es la radiación electromagnética en forma de luz visible, la longitud de onda de la radiación puede ser muy pequeña, en el caso de la llamada radiación gamma, hasta muy grande en las ondas de radio. Se mide, usando nanómetros y ángstrom.

La luz del Sol se desplaza a 300.000 Km/s, pero la longitud de onda no es la misma en todos los fotones luminosos, sino que varía entre 400 a 700 nm., la luz de

menor longitud de onda es la luz violeta y la luz de mayor longitud de onda es la luz roja respectivamente. La luz blanca se descompone, en definitiva, en un espectro visible de diferentes bandas coloreadas, cada una definida por una longitud de onda distinta.

Las radiaciones de longitud de onda inferior al violeta se llaman radiación ultravioleta y las radiaciones de longitud de onda superior al rojo se denominan infrarrojo.

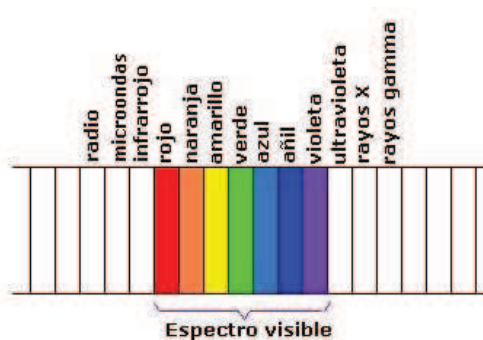


Figura 2.16 Espectro de radiación.

2.5.4.2 Espectros de emisión y espectros de absorción.

Cuando se calienta un material hasta la incandescencia emite una luz cuyo espectro depende de la configuración atómica del material. Cada grupo de frecuencias de luz hace aparecer bandas claramente definidas en la escala que son su huella característica.

Si, mediante el suministro de energía calorífica, se estimula un determinado elemento en su fase gaseosa, sus átomos emiten radiación en ciertas frecuencias del visible, que constituyen su espectro de emisión.

Si el mismo elemento, también en estado de gas, recibe radiación electromagnética, absorbe en ciertas frecuencias del visible, precisamente las mismas en las que emite cuando se estimula mediante calor. Este será su espectro de absorción.

Se cumple, así, la llamada Ley de Kirchoff, que nos indica que todo elemento absorbe radiación en las mismas longitudes de onda en las que la emite. Los espectros de absorción y de emisión resultan ser, pues, el negativo uno del otro.

2.5.5 Espectrómetro de emisión óptica por arco y chispa “pda-7000 shimadzu”.

2.5.5.1 Introducción.

El espectrómetro de emisión óptica por arco y chispa PDA-7000 marca SHIMADZU, es un aparato que sirve para cuantificar los diferentes elementos químicos que conforma un material metálico, basándose en el principio de descomponer la luz producida por una chispa eléctrica, en sus diferentes longitudes de onda, para finalmente convertir estos impulsos en corriente eléctrica y poder presentarlos como valores porcentuales en la pantalla del computador.



Figura 2.17 Espectrómetro de emisión óptica PDA-7000 Shimadzu.

Este instrumento tiene mucha importancia para el proceso de producción descrito anteriormente en este capítulo, ya que con esta máquina se puede conocer la composición química real de la colada en el momento mismo de la fundición, permitiendo así tomar decisiones adecuadas para obtener un acero de alta calidad.

2.5.5.2 Funcionamiento.

Para resumir el funcionamiento del espectrómetro de emisión por arco y chispa se anotara lo siguiente:

Luego de colocar la muestra en el soporte de análisis se realiza el siguiente proceso:

- Dentro de una atmósfera con gas inerte (Argón Grado AP "5.0"), un arco de chispa incide sobre la probeta la cual funde un pedacito de muestra, se excitan los electrones y cada átomo genera una luz de cierta longitud de onda.
- La radiación generada es llevada por medio de la lente de un condensador y entra por una hendidura a la cámara de análisis.
- Luego se separa por una rejilla de difracción (2400/mm) que descompone la luz como si fuera un prisma.
- Como se sabe cada color tiene una determinada longitud de onda, en la cámara de vacío estas ondas son reflejadas en un espejo hasta los tubos foto multiplicadores.
- Los tubos foto multiplicadores están en una disposición tal que les permite receptor todas las longitudes de onda (Círculo de Rowland), es decir, existe un tubo foto multiplicador para cada elemento químico.
- Estos tubo foto multiplicadores están calibrados para generar una corriente eléctrica dependiendo de la intensidad de radiación que les llegue.

- Estos impulsos de corriente eléctrica son llevados a un computador para dar en porcentaje el valor de cada elemento químico.
- Todo este proceso de análisis se realiza en menos de 1 minuto con una alta confiabilidad.

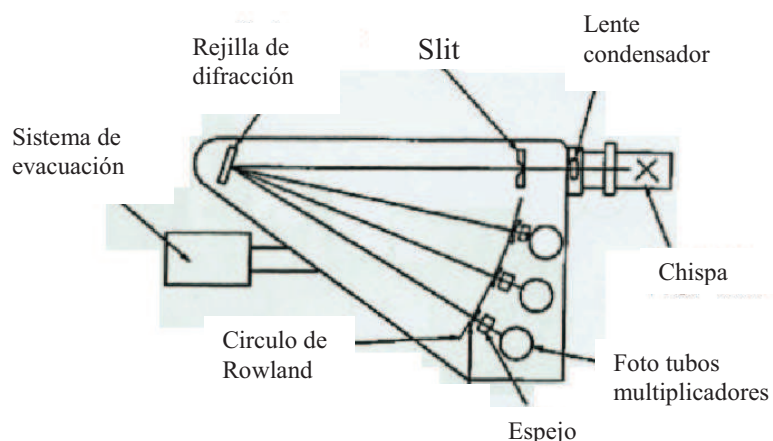


Figura 2.18 Esquema de funcionamiento del espectrómetro de emisión óptica⁸.

El argón se utiliza en la cámara de destello para:

- Crear una atmósfera inerte que facilite la formación del arco.
- Evitar la absorción de elementos que están en la radiación del arco.
- Evitar que elementos del aire se mezclen y se cuantifique en el proceso, excediendo la composición química de la muestra.

Cuando se inicia el proceso de análisis el argón ingresa a la cámara de destello a unos 10 Litros/min, para luego salir llevado el hollín generado por la quema de la muestra a un recipiente con agua potable, en el cual se descarga estos residuos.

⁸ Manual de operaciones del espectrómetro de emisión óptica; pp 8.

Para que no intervenga en el análisis ningún contaminante en la cámara de análisis se tiene que extraer todo el aire con una bomba de vacío, la cual esta constantemente en funcionamiento.

Dentro de la cámara de análisis se tiene que colocar un material que ayude a retener la humedad que contiene el aire que se encuentre dentro de la cámara.

La bomba de vacío es de 5 Pa de capacidad, pero el sistema llega hasta 10 Pa. en la cámara de análisis. La base en donde se coloca la probeta tiene internamente conductos de refrigeración con agua, para mantener la cámara a temperatura ambiente.

2.5.5.3 Características.

La técnica de emisión óptica proporciona determinaciones rápidas y exactas de muchos elementos en una muestra. Es la técnica utilizada para el control de la calidad en industrias metalúrgicas y fundiciones de metales ferrosos y no ferrosos.

El nuevo espectrómetro PDA-7000 de Shimadzu es un modelo de alto rendimiento analítico que utiliza el método PDA (Pulse Height Distribution Analysis = Análisis de distribución de altura de pulsos) en su configuración básica, método que mejora notablemente la exactitud y precisión de los análisis.

2.5.5.4 Partes principales.

1 Lente del condensador

La lente del condensador lleva la luz generada por la luz original del espectrómetro. Al mismo tiempo sirve como límite entre el vacío en el espectrómetro y el aire externo de la cámara de destello, este lente esta hecho de cuarzo fundido que

permite atravesar fácilmente la radiación ultravioleta y fue diseñado para que la luz a 200 nm se enfoquen en la superficie de la rejilla difractora.

2 El circuito de control de la temperatura.

Esta encargado de prevenir la desviación en el sistema óptico debido a un cambio de temperatura, el espectrómetro esta programado para mantener una temperatura entre 40 ± 1 °C.

3 El sistema de evacuación.

El sistema de evacuación de la luz a una longitud de onda de 200 nm o menos llamada área de vacío ultravioleta esta absorto de oxígeno en el aire.

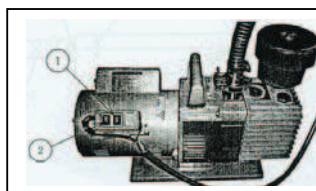


Figura 2.19 Bomba de vacío

Por consiguiente, dentro del espectrómetro se mantiene la presión a 5 Pa o menos gracias al sistema de evacuación por una bomba de vacío.

- **4 El detector de luz (Tubo foto multiplicador)**

El Detector de luz o Tubo foto multiplicador, convierte la intensidad de la luz separada por el espectrómetro en intensidad de corriente y la unidad de lectura la mide.



Figura 2.20 Tubo Foto multiplicador ⁹

⁹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:1P23.JPG>

Los tubos foto multiplicadores son un tipo de transductores sensibles a la luz, la cual se transforma en corriente eléctrica en el orden de microamperios. Están formados por un tubo que se encuentra al vacío o relleno con algún gas inerte (argón o similar).

Este dispositivo funciona según el efecto fotoeléctrico: los fotones inciden sobre un cátodo, generando electrones que son atraídos por el ánodo. La corriente que se genere en el tubo depende de la longitud de onda que incidente. El espectro de radiación al que responde el cátodo viene determinado por el material de éste.

2.5.5.5 Sensibilidad analítica.

A través de la utilización del método de resolución en el tiempo, recurso que sólo es utilizado en instrumentos de alta tecnología, el PDA-7000 garantiza la más alta sensibilidad analítica, según Shimadzu.

	Límites(en PPM)		
	Convencional	PDA-7000	
	Min.	Mín.	Máx.
Carbono	200	100	
Fósforo	150	75	
Azufre	100	50	
Boro	80	40	

Tabla 2.7 Límites en muestras ferrosas.

Para analizar muestras de aceros de bajo carbono, aceros inoxidable y zinc puro se redacta en el siguiente capítulo, a demás se realizará un enfoque detallado del funcionamiento del espectrómetro.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS QUÍMICO CUANTITATIVO POR EMISIÓN ÓPTICA

3.1 Procedimientos de análisis por espectrometría.

3.1.1 Introducción.

Para el proceso de la preparación de muestras de aleaciones de hierro, se utiliza una lijadora marca Yodogawa (Figura 3.1), la cual tiene una lija de zirconio (Z80) montada en una banda rotativa movida por un motor.

La lijadora, esta entre los accesorios del Espectrómetro de Emisión Óptica, la misma sirve para desbastar y aplanar la superficie a analizar, así se tendrá una probeta con la rugosidad adecuada para que el Espectrómetro pueda realizar su trabajo.

Las lijas comunes de carburo de silicio, influyen en los resultados de la composición química de la muestra.



Figura 3.1 Lijadora Yodogawa.

3.1.2 Preparación de las muestras.

La probeta debe tener los siguientes requerimientos antes de que se ingrese al espectrómetro:

- Un diámetro de 60 mm por una altura de 60 mm, como máximos y como mínimo un diámetro de 14mm por una altura de 3mm, ya que el plato de apoyo tiene un agujero de 12 mm de diámetro.
- La probeta debe tener una superficie completamente plana, se recomienda maquinarla en la limadora o en un torno.
- Si se tiene la habilidad necesaria con la amoladora, se determinará que es más rápido y sencillo mecanizar una superficie plana.
- Si es posible, la superficie posterior a la refrentada, debe ser paralela a la misma.
- Si la muestra tiene imperfecciones en la superficie, como por ejemplo, porosidades, restos de escoria, etc., se recomienda no analizarla.
- La superficie de la probeta a ser analizada no necesita un pulido como espejo.
- Para probetas de aleaciones de Zinc, se necesita maquinirlas en el torno o en la fresadora no necesita un acabado superficial con lija.
- Para muestras menores de 14mm de diámetro se puede realizar el ensayo calentando la probeta hasta una temperatura de 1200 °C, se lamina a golpes con un martillo y luego se da el mismo trabajo que con el resto de probetas.
- Para muestras tomadas del horno de fundición, se deben vaciar en un molde metálico con su respectiva base mostrada en la Figura 3.2.



Figuras 3.2 Molde y base metálica.

3.1.3 Procedimiento para el pulido de las muestras.

Antes de que se empiece a detallar el manejo es conveniente se utilice todos los accesorios de seguridad industrial a excepción de guantes.

- Para empezar el pulido de la muestra se presiona el botón **ON** para encender la máquina.

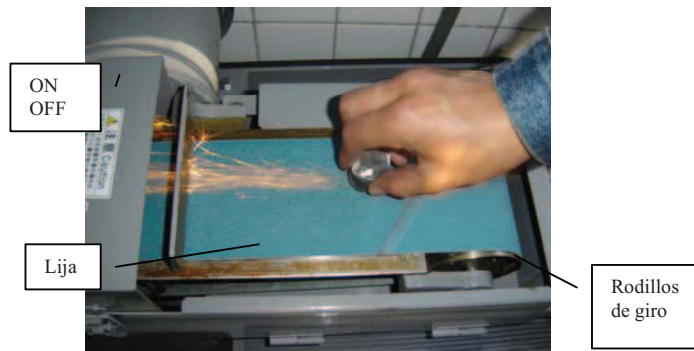


Figura 3.3 Pulido de la muestra en la lijadora.

- Luego se toma firmemente la probeta y se coloca la superficie refrentada o casi plana en la lija en movimiento(Figura 3.3)
- Se realiza algunos movimientos longitudinales y transversales a la banda lijadora con el fin de gastar la superficie de la lija uniformemente.
- Se levanta la probeta luego de unos 5 segundos de pulido y se observa la superficie, el desbaste debe ser uniforme (Figura 3.4).



Figura 3.4 Muestra lijada.

- La muestra debe tener un solo sentido de lijado, con el fin de que el arco que incida sobre la superficie lijada sea mayor y así se tenga mejores resultados.
- Si la probeta presenta una superficie irregular no plana, con defectos como restos de escoria, poros, líneas de lijado en varios sentidos, etc. Se tendrá que lijar nuevamente en la máquina.
- Y por último se presiona el botón **OFF** para apagar la máquina.

3.1.4 Precauciones en el manejo del instrumento.

3.1.4.1 Introducción.

El espectrómetro PDA – 7000 genera altos voltajes basados en las mediciones principales, si se usa correctamente no se tendrán accidentes.

Advertencias:

- ❖ Nunca se debe iniciar un análisis sin colocar una muestra correctamente en la posición de chispa.
- ❖ Si ocurre algún problema como un terremoto, incendio, etc. Se debe presionar el botón de *Parada de Emergencia*, luego apague la fuente de poder por su seguridad.
- ❖ No se debe tocar los cables de alta tensión podría tener una descarga eléctrica muy fuerte.

3.1.5 Procedimiento para la puesta en marcha de la máquina.

- La puerta que protege la cámara de destello se abre para colocar la muestra.
- La probeta se coloca en el plato de muestras mostrado en la Figura 3.5 con la superficie pulida hacia abajo.
- Se debe tener cuidado en no dejar descubierto el orificio en el cual se encuentra el electrodo.

- Para realizar la descarga en la muestra, se desplaza hacia la muestra la varilla de contacto.

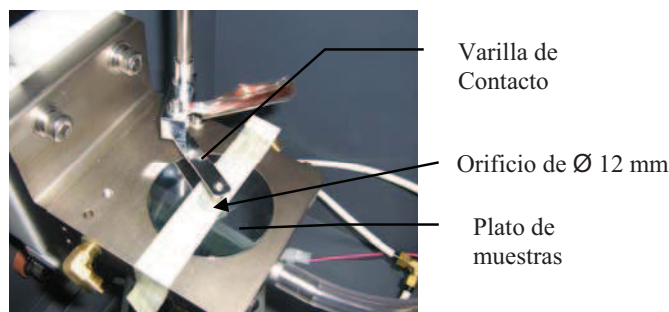


Figura 3.5 Base de apoyo.

- Y por último se cierra la puerta de la cámara de destello.

Recuerde que la máquina esta calibrada para cuantificar los elementos químicos de aceros de baja aleación, aceros inoxidable y zinc puro.

3.1.6 Manual de operaciones del software del Espectrómetro.

3.1.6.1 Introducción.

El software de la máquina es muy simple y sencillo para su manipulación, facilita la comunicación con la máquina, dentro de sus funciones tiene un registro de mantenimiento de la máquina, un registro del número de ensayos que se han realizado, curvas de funcionamiento, etc.

3.1.6.2 Procedimiento.

A continuación se dará los pasos a seguir para realizar un análisis de composición química en el espectrómetro:

A. Inicio del Programa.

1. Con el computador encendido, en el escritorio se tendrá una pantalla principal como la Figura 3.6, que se muestra a continuación:



Figura 3.6 Presentación del software.

2. El acceso directo para el programa del espectrómetro se encuentra en el escritorio de Windows (Figura 3.6), se da doble clic izquierdo sobre **“PDA for Windows”**.
3. A continuación se presiona la tecla Esc para ingresar al programa (Figura 3.7).
Se ingresa la clave cuando se necesita configurar el programa original de la máquina.



Figura 3.7 Ventana principal del programa.

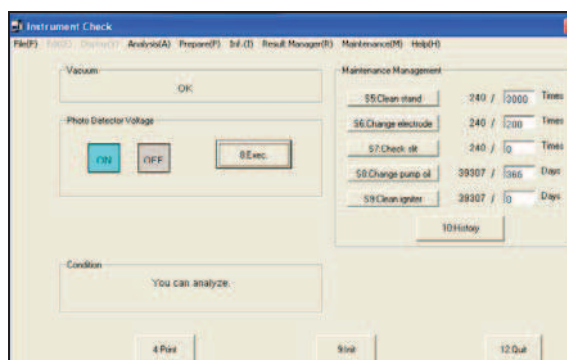


Figura 3.8 Ventana verificador del instrumento.

4. Luego se verifica que el cuadro **Vacuum** (Bomba de vacío) este en **OK** (Figura 3.8), esto indica que la bomba se encuentra en funcionamiento.
5. Luego se observa el cuadro **Photo Detector Voltaje** (Voltaje foto-detector) que se encuentre en **ON** o en color verde, y si no lo esta, se da un clic izquierdo en el botón **Exec** o se pulsa la tecla **F8**, entonces el cuadro **Condition** (Condición), se activará el siguiente mensaje: **You can analyze** (Usted puede realizar el análisis).

El cuadro **Maintenance Management** (Registro de mantenimiento) corresponde a un registro sobre el mantenimiento que se debe darse al espectrómetro, tema que se explicará más adelante.

6. Una vez hecho esto se da un clic izquierdo en **Init o F9** para empezar el análisis (Figura 3.9).

- **B. “Content analysis” (Contenido del Análisis)**

File Name	Ave.	N = 1	N = 2	N = 3	S.D.
C	0.278	0.281	0.280	0.274	1.0100
Si	0.205	0.206	0.205	0.204	55310
Mn	1.074	1.076	1.067	1.079	57901
P	0.0170	0.0179	0.0173	0.0182	2.5902
S	0.0102	0.0100	0.0177	0.0102	2.8064
Ni	0.056	0.056	0.056	0.056	30881
Cr	0.075	0.075	0.074	0.074	81190
Mo	0.013	0.013	0.013	0.013	1.5214
Cu	0.123	0.124	0.119	0.127	3.0341
Sn	0.0141	0.0144	0.0134	0.0145	4.3273
Al	0.011	0.012	0.011	0.011	2.4126
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000	00000
As	0.0004	0.0004	0.0001	0.0002	03.014
Ti	0.0020	0.0021	0.0020	0.0020	2.6123
V	0.002	0.002	0.002	0.002	15.656
B	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	5.5033
W	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	00000
Sb	0.0000	0.0000	0.0002	0.0070	2.0474
N	0.0115	0.0115	0.0112	0.0110	2.5640
Fe	71.40	71.55	71.94	71.05	55017
Fe%	92.99	92.99	92.99	92.99	01134

LABORATORIO NOVACERO S.A.
COV32mm

Group: A STEEL

13/06/2007 12:04

Figura 3.9 Ventana del contenido de análisis.

7. La pantalla que se adjunta en la Figura 3.9, corresponde al **CONTENT ANALYSIS** (Contenido del Análisis).
8. Luego se da un clic izquierdo dentro de los paréntesis **CO**, **No**, **LOT**, **OP** e **ID**, y se ingresa la información respectivamente:

- El nombre de la colada (**CO**)
- Que número de ensayo (**No**)
- El número de LOTE (**LOT**)
- Las siglas del operario que realiza el ensayo (**OP**)
- El nombre del material que se vaya a analizar, según la SAE, (**ID**).

9. Luego se pulsa un clic izquierdo en **Group** o pulsamos la tecla **F4**, para seleccionar el material al cual pertenece la muestra (Figura 3.10).



Figura 3.10 Selección del grupo de análisis.

10. Luego se pulsa la tecla **F1** o un clic izquierdo en el icono **Start** de la pantalla del software (Figura 3.9), también se puede pulsar el botón **Start** de la máquina (Figura 3.11) para empezar la primera descarga en la muestra.



Figura 3.11 Botón de inicio del análisis.

Es necesario acotar que el sonido agudo que emite el espectrómetro en el momento del análisis es normal, si es intenso el sonido posiblemente se colocó de una manera incorrecta la muestra, esto da lugar a que se escape gas argón, una incorrecta quema de la superficie de la muestra y que se obtenga datos incorrectos.

11. Luego de que la máquina a hecho la descarga, el sonido cesará y los valores de la composición química se harán presentes en la pantalla en la Figura 3.12 se presenta un análisis hecho en una muestra de varilla corrugada NOVACERO de 32 mm de diámetro.

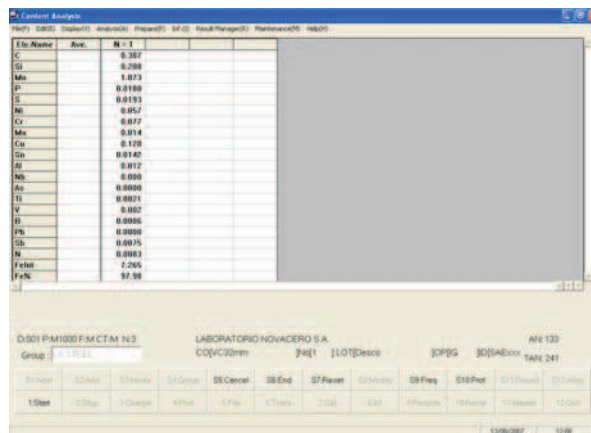


Figura 3.12 Ventana con datos de un primer análisis.

12. Se puede ver que la composición química es coherente ya que la varilla que se lamina en NOVACERO S.A. presenta las características de un acero AINSI 1040.

13. Luego se cambia de posición a la muestra en el plato de muestras y se repite el paso No 10, de esta manera se completa los 3 disparos necesarios para que la máquina de un porcentaje promedio de cada elemento químico (Figuras 3.13).

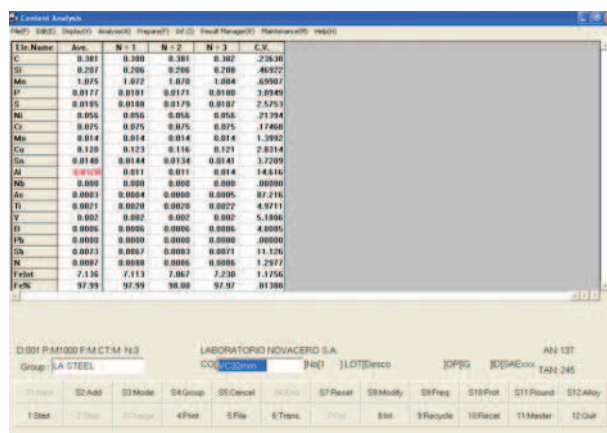


Figura 3.13 Ventana con datos de un tercer análisis.

No se debe realizar la siguiente descarga en el mismo sitio que realizó la primera, se recomienda realizar la siguiente descarga en la periferia de la muestra.

A continuación se procederá a explicar los datos obtenidos en la Figura 3.13:

- **Ele Name:** Símbolo del elemento químico.
- **Ave:** Porcentaje promedio de cada elemento.
- **N = 1, N = 2 y N = 3:** Composición química cuantificada en cada descarga.
- **C.V.:** Coeficiente de variación entre los análisis.
- **FeInt:** Intensidad de luz reflejada por el hierro.
- **Fe%:** Porcentaje total de hierro presente en la muestra.

Los datos de **ZnInt** y **Zn%**, se obtendrán respectivamente en el ensayo de **Zinc Puro**.

- **ZnInt:** Intensidad de luz reflejada por el Zinc.
- **Zn%:** Porcentaje total de Zinc presente en la muestra.

En este punto es oportuno recordar como referencia los nombres de los símbolos químicos que se obtienen en el ensayo y para mejor comprensión se presentan los rangos en que se encuentra calibrada la máquina para cada elemento químico:

ZINC PURO¹⁰

Símbolo	Nombre	Rango de Referencia (%)	
Pb	Plomo	0	0.003
Al	Aluminio	0	0.5
Cd	Cadmio	0	0.003
Fe	Hierro	0	0.003
Sn	Estaño	0	0.001
Cu	Cobre	0	0.002
Ni	Níquel	0	0.05
Zn	Zinc	98	99.9

Tabla 3.1 Rangos de calibración para en zinc puro.

¹⁰ Manual "INSTRUCTION MANUAL"; Factory Calibration, for ZNPURO; Pág. 4

Aceros de baja aleación (La steel)¹¹:

Símbolo	Nombre	Rango de Referencia (%)	
C	Carbono	0.005	1.2
Si	Silicio	0.005	1.7
Mn	Manganeso	0.005	2.0
P	Fósforo	0.002	0.1
S	Azufre	0.002	0.07
Ni	Níquel	0.005	4.5
Cr	Cromo	0.003	4.0
Mo	Molibdeno	0.002	1.6
Cu	Cobre	0.002	0.5
Sn	Estaño	0.001	0.1
Al	Aluminio	0.002	1.5
Nb	Niobio	0.01	0.15
As	Arsénico	0.002	0.1
Ti	Titanio	0.001	0.3
V	Vanadio	0.003	0.5
B	Boro	0.0003	0.01
Pb	Plomo	0.003	0.08
Sb	Antimonio	0.01	0.1
N	Nitrógeno	0.003	0.03

Tabla 3.2 Rangos de calibración para aceros de baja aleación.

Aceros inoxidables¹²:

Símbolo	Nombre	Rango de Referencia (%)	
C	Carbono	0.005	0.15
Si	Silicio	0.005	1..9
Mn	Manganeso	0.005	1.5
P	Fósforo	0.002	0.04
S	Azufre	0.002	0.03
Ni	Níquel	4.0	31.0
Cr	Cromo	5.0	26.0
Mo	Molibdeno	0.01	3.6
Cu	Cobre	0.003	0.35
Ti	Titanio	0.003	0.47
Pb	Plomo	0.005	0.05
Al	Aluminio	0.005	0.2
Nb	Niobio	0.01	1.6
B	Boro	0.0005	0.01
V	Vanadio	0.005	0.3
N	Nitrógeno	0.005	0.1

Tabla 3.3 Rangos de calibración para aceros inoxidable

Puede ocurrir que en el ensayo se obtenga valores en color rojo (Figura 3.14)

como los que a continuación se indican:

¹¹ Manual “INSTRUCTION MANUAL”; Factory Calibration, for LASTEEL; Pág. 4

¹² Manual “INSTRUCTION MANUAL”; Factory Calibration, for CRNII; Pág. 4

- 13.a En la Figura 3.14 se puede observar el valor del aluminio se encuentra en color rojo, esto significa que el valor sobrepasa el límite programado para el Coeficiente de Variación (C.V.) de la máquina, siendo 5 el valor máximo.

Esto puede ocurrir cuando se analiza una muestra que contiene elementos en cantidades superiores que los rangos de análisis permiten.

File(F)	Edit(E)	Display(V)	Analysis(A)	Prepare(P)	Inf.(I)	Result Manager(R)	Maintenan
Ele.Name	Ave.	N = 1	N = 2	N = 3	C.V.		
C	0.381	0.380	0.381	0.382	.23630		
Si	0.207	0.206	0.206	0.208	.46922		
Mn	1.075	1.072	1.070	1.084	.69907		
P	0.0177	0.0181	0.0171	0.0180	3.0949		
S	0.0185	0.0188	0.0179	0.0187	2.5753		
Ni	0.056	0.056	0.056	0.056	.21394		
Cr	0.075	0.075	0.075	0.075	.17468		
Mo	0.014	0.014	0.014	0.014	1.3992		
Cu	0.120	0.123	0.116	0.121	2.8314		
Sn	0.0140	0.0144	0.0134	0.0141	3.7209		
Al	0.012R	0.011	0.011	0.014	14.616		
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000	.00000		

Figura 3.14 Ventana con datos en color rojo.

Los errores pueden darse debido a una mala ubicación de la probeta en la base de descarga, defectos en la superficie de la muestra, descarga en un punto de la muestra ya analizado, etc.

- 13.b Si se obtiene un símbolo como el siguiente:

!!!! Significa que el elemento se saturó o existe algún problema como el que mencionamos anteriormente.

14. Cuando esto sucede, se utilizará el procedimiento que se explica Figura 3.15:

14.a. Primeramente se marca la fila que se considere eliminar dando un clic izquierdo en cualquier parte de la misma, observando que valor está fuera de rango que el resto de valores.

Ele.Name	Ave.	N = 1	N = 2	N = 3	C.V.
C	0.332	0.330	0.330	0.337	1.1771
Si	0.310	0.309	0.310	0.313	.71655
Mn	1.446	1.444	1.446	1.448	.14839
P	0.0144	0.0144	0.0142	0.0146	1.0810
S	0.0250	0.0253	0.0240	0.0246	1.2073
Ni	0.015	0.015	0.015	0.015	1.0007
Cr	0.025	0.025	0.025	0.025	.40790
Mo	0.001	0.001	0.001	0.001	13.142
Cu	0.016	0.016	0.016	0.016	3.1287
Sn	0.0005	0.0003	0.0004	0.0008	58.730
Al	0.012	0.011	0.012	0.012	3.4549
Nb	0.038	0.039	0.038	0.038	1.0528
As	0.0021	0.0014	0.0019	0.0029	36.834
Ti	0.0024	0.0024	0.0024	0.0025	2.0892
V	0.006	0.005	0.005	0.005	7.1710
B	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	5.3984
Pb	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.00000
Sb	0.0004	0.0001	0.0007	0.0003	89.843
N	0.0056	0.0055	0.0055	0.0058	3.4940
FeInt	7.710	7.705	7.702	7.644	.91835
Fe%	97.75	97.76	97.75	97.74	.00994

Figura 3.15 Ventana con una fila seleccionada para eliminarse.

El C.V. del Arsénico es 36.834, el promedio es de 0.0021 y los valores varían de 0.0014, 0.0019 y 0.0029 se podría escoger el valor que más se aleje del resto, en este caso **0.0029**.

Se puede ver que el Estaño tiene un valor muy alto de C.V. = 58.73, y no aparece su promedio en color rojo, esto se podría justificar diciendo que los valores se encuentran en un orden muy bajo (3, 4 y 8 PPM), casi no influye en las propiedades mecánicas del acero.

14.b. Luego de seleccionar la fila se pulsa un clic izquierdo en **Cancel** o presionamos la tecla **F5**.

14.c. Y por ultimo se procederá a pulsar la tecla **F1** o un clic izquierdo en **Start**, para realizar un nuevo disparo. De esta manera es como se puede acomodar el promedio de la composición química de la muestra.

- C. “Result manager” (Administrador de Resultados).

El Result Manager o Administrador de resultados, es un registro de todos los ensayos que se proceden a guardar en una base de datos interna, en esta ventana se puede tener acceso a una gama de opciones para realizar una presentación sobre un ensayo realizado.

A continuación se presenta una de las formas más simples para guardar y presentar un informe del análisis realizado:

15. Una vez que se haya obtenido una composición química satisfactoria se procederá a grabar, se da un clic izquierdo en **File** o se pulsa la tecla **F5** (Figura 3.16).

Elem Name	Dec.	N = 1	N = 2	N = 3
C	0.301	0.300	0.301	0.302
Si	0.297	0.296	0.296	0.298
Mn	1.075	1.072	1.070	1.004
P	0.0177	0.0181	0.0171	0.0100
S	0.0165	0.0168	0.0170	0.0187
Ni	0.056	0.056	0.056	0.056
Cr	0.075	0.075	0.075	0.075
Mo	0.014	0.014	0.014	0.014
Cu	0.120	0.123	0.116	0.121
Sn	0.0140	0.0144	0.0134	0.0141
Al	0.0120	0.011	0.011	0.014
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000
As	0.0003	0.0004	0.0000	0.0005
Ti	0.0021	0.0020	0.0020	0.0022
V	0.002	0.002	0.002	0.002
B	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
Fe	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Si	0.0073	0.0067	0.0063	0.0071
N	0.0007	0.0000	0.0006	0.0006
Fe% ₁	7.136	7.113	7.067	7.230
Fe% ₂	97.99	97.99	98.00	97.97

Figura 3.16 Ventana abriendo result manager.

16. Luego se pulsa un clic izquierdo en **Resul Manager(R)** y se escoge otra vez **Resul Manager(R)** (Figura 3.16).
17. El **Result Manager** (Figura 3.17) es una base de datos en la que se almacenan todos los ensayos que se guardan, en esta página se puede revisar y utilizar cualquier ensayo realizado.

Result Manager - (QResult.mdb(Cont.))

No. of Data: 47 / 47

No. of Data	Kind	Group	Data Time	Sample Index
1	Ave	LA STEEL	20070724 20:04	Muestra(BAS-4002) Operador(VJV)
2	Ave	LA STEEL	20070724 20:40	Muestra(Muestra Re) Operador()
3	Ave	Zn-PURO	20070726 11:50	Muestra(41X24)
4	Ave	Zn-PURO	20070726 12:02	Muestra(41X22)
5	Ave	CF-Ni	20070726 14:50	Sample No. (859842)
6	Ave	LA STEEL	20070726 14:11	Muestra() Operador()
7	Ave	LA STEEL	20070726 14:22	Muestra() Operador()
8	Ave	LA STEEL	20070726 15:33	Muestra(SS4100) Operador(JR)
9	Ave	LA STEEL	20070726 15:51	Muestra() Operador()
10	Ave	CF-Ni	20070726 16:41	Sample No. (216)
11	Ave	Zn-PURO	20070726 17:21	Muestra(Prueba 2 Zn (41X 24))
12	Ave	Zn-PURO	20070726 17:27	Muestra(Prueba 2 Zn (41X 24))
13	Ave	LA STEEL	20070726 18:14	CO(21102371)No(01) LOT(LA002715)OP(NQ)DI(GR60)
14	Ave	LA STEEL	20070726 18:18	CO(21102371)No(02) LOT(LA002715)OP(NQ)DI(GR60)
15	Ave	LA STEEL	20070726 18:20	CO(21102371)No(03) LOT(LA002715)OP(NQ)DI(GR60)
16	Ave	LA STEEL	20070726 18:22	CO(21102371)No(04) LOT(LA002715)OP(NQ)DI(GR60)
17	Ave	LA STEEL	20070726 18:25	CO(21102371)No(05) LOT(LA002715)OP(NQ)DI(GR60)

47 data are displayed

Figura 3.17 Ventana result manager.

18. Para que se pueda utilizar cualquier archivo, se da un clic en cualquiera de los archivos y con las flechas del teclado o con el ratón se desplaza hacia abajo o hacia arriba.

Para poder utilizar el archivo seleccionado se procede a guardarlo de la siguiente manera:

- **D** “Data Copy (Copiar archivo)”

19. Se pulsa un clic izquierdo sobre la fila en la que se encuentre el archivo (Figura 3.18) y se presiona la tecla **F6** o se pulsa un clic izquierdo en **Data Copy**

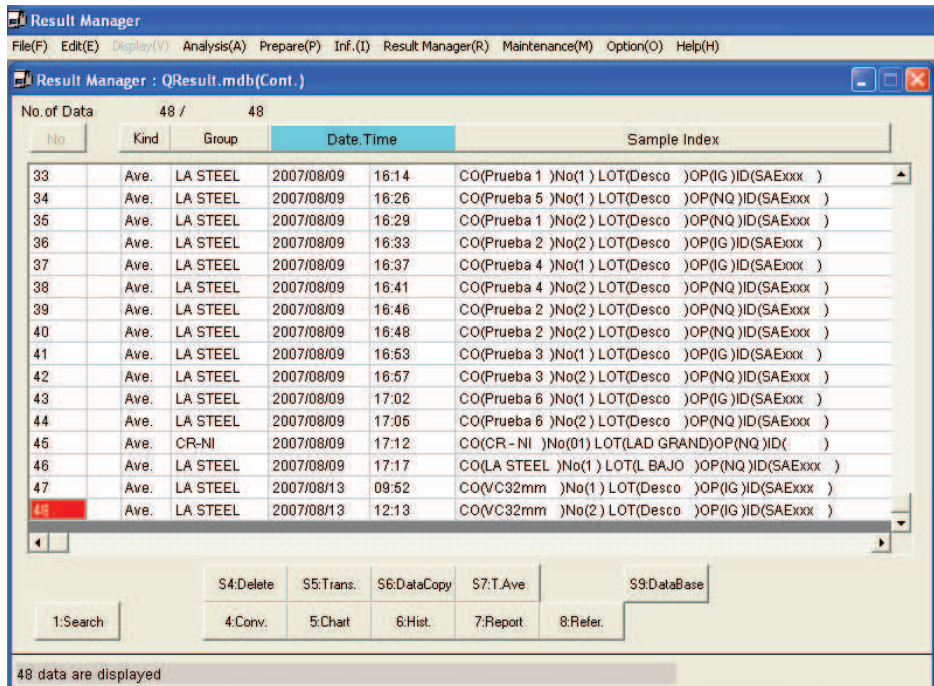


Figura 3.18 Ventana seleccionando un archivo.

20. Luego el programa pedirá en donde y con que nombre se desea guardar el archivo.
21. Para que los datos que se guardan puedan ser usados, se deberá almacenar específicamente bajo el Disco C, Espectrómetro (Figura 3.19).

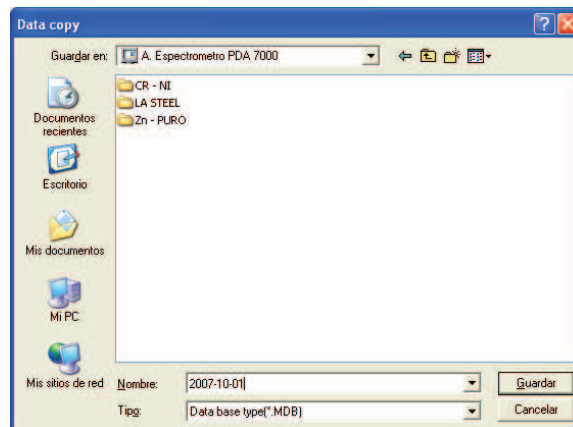


Figura 3.19 Ventana data copy.

22. Es por ello que al inicio de la instalación se creó una carpeta bajo el disco C llamada **Espectrómetro** en la que se guardan todos los ensayos que se ha venido haciendo.
23. Para visualizar los resultados se pulsa un clic derecho sobre la carpeta guardada (Figura 3.20) y se selecciona la opción **Abrir con**. El paso que a continuación se menciona depende del usuario, en que programa se desee trabajar.
24. Para trabajar en **Microsoft Office Excel** (Figura 3.20) y se escoge la opción **Abrir** (Figura 3.20).

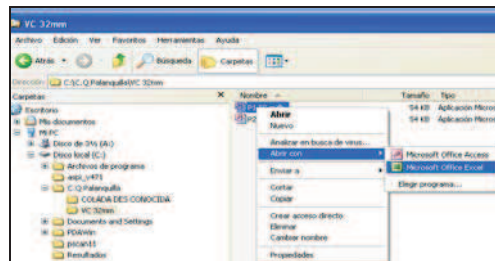


Figura 3.20 Ventanas para escoger en que programa se desea abrir.

25. Para que los datos del informe se presenten, se selecciona la opción **QRDATA** (Figura 3.21) y se acepta, si se escoge la opción **QRLIST** se abre una página pero se tendrá los datos horizontalmente.

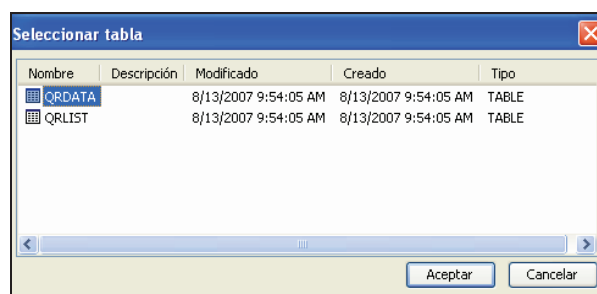


Figura 3.21 Ventana para seleccionar que tabla abrir.

Se despliega una página como se muestra a continuación en la Figura 3.22:

SeqNo	SubNo	DispEle	Content	RValue	Sigma	CV	AnaMark	RevMark
2	49	1 C	0.378	0.0718	0.0382	1.0100	0	0
3	49	2 Si	0.205	0.0220	0.0113	5.6110	0	0
4	49	3 Mn	1.074	0.1211	0.0622	5.7901	0	0
5	49	4 P	0.0178	0.0080	0.0046	2.5962	0	0
6	49	5 S	0.0182	0.0105	0.0053	2.9066	0	0
7	49	6 Ni	0.056	0.0032	0.0017	3.0881	0	0
8	49	7 Cr	0.075	0.0111	0.0061	8.1190	0	0
9	49	8 Mo	0.013	0.0040	0.0020	1.5214	0	0
10	49	9 Cu	0.123	0.0744	0.0374	3.0341	0	0
11	49	10 Sn	0.0141	0.0113	0.0061	4.3273	0	0
12	49	11 Al	0.011	0.0050	0.0028	2.4126	0	0
13	49	12 Nb	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0
14	49	13 As	0.0004	0.0068	0.0034	83.016	0	0
15	49	14 Ti	0.0020	0.0010	0.0005	2.6123	0	0
16	49	15 V	0.002	0.0067	0.0034	15.855	0	0
17	49	16 B	0.0006	0.0007	0.0003	5.5033	0	0
18	49	17 Pb	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0
19	49	18 Sb	0.0080	0.0033	0.0016	2.0474	0	0
20	49	19 N	0.0115	0.0059	0.0029	2.5648	0	0
21	49	20 FeInt	7.148	0.9903	0.4998	6.9917	0	0
22	49	21 Fe%	97.99	0.2120	0.1112	0.1134	0	0

Figura 3.22 Ventana de datos en microsoft excel.

A continuación se explica los datos de la Figura 3.22:

- SeqNo:** Número de ensayo grabado en la secuencia que se indica.
- SubNo:** Orden en que se encuentra cada elemento químico.
- DispEle:** Elemento químico analizado.
- Content:** Porcentaje de elemento químico que contiene la muestra.
- RValue:** Error superior entre dos o más análisis, este valor es programado en el software y sirve para indicar un error superior al 10%.
- Sigma:** Desvío patrón entre los análisis.
- CV:** Coeficiente de variación entre los análisis.
- AnaMark:** Cuando ocurre alguna indicación en el análisis la señal aparecerá como **R**, **L**, **H**.
- RevMark:** Es la señal que indica cuando el resultado de análisis fue modificado por el operador.

- **E. Otras aplicaciones del “Result Manager”:**

26. Si se necesita conocer el contenido de un informe, se pulsa la tecla **F8** o se da un clic izquierdo en **Refer** (Referencia) (Figura 3.23).

En la Figura 3.23 se tendrá algunos íconos como:

- ❖ **2: Next** Para observar el siguiente análisis realizado.
- ❖ **3: Pre** Para observar el anterior análisis realizado.
- ❖ **7: Cancel** Para salir de la pantalla *Reference*.
- ❖ **9: Close** Para salir de la pantalla *Reference*.

Ele	Cont	Man	R	S.D	CV
C	0.038	.00272	.00133	3.0059	
Si	0.010	.01278	.00546	1.0090	
Mn	0.054	.01409	.00772	1.0031	
P	0.0201	.00187	.00087	3.4677	
S	0.0212	.00196	.00084	42.063	
Ni	4.270	.04302	.02172	0.0081	
Cr	11.600	.01277	.00724	.00214	
Mo	0.599	.00300	.00164	.77481	
Cu	0.094	.00410	.00209	2.7899	
Ti	0.0002	.00003	.00000	.00000	
Pb	0.0003	.00009	.00000	.00000	
Al	0.0001	.00000	.00029	0.0005	
Fe	0.0002	.00000	.00016	2.9793	
B	0.0003	.00004	.00002	6.2970	
V	0.004	.00181	.00090	18.602	
Ni	0.0003	.00006	.00106	3.6165	
Fe	5.150	.14059	.07770	1.0081	
Fe	82.00	.00050	.04160	.05082	

Figura 3.23 Ventana de reference.

27. Para imprimir un reporte de un ensayo hecho se selecciona la opción **Report o F7** (Figura 3.18) y se selecciona que elementos químicos se quieren visualizar en el reporte.
28. La opción **Search** permite buscar algún análisis que se ha grabado (Figura3.18). Este icono permite buscar algún análisis grabado (Figura 3.18).
29. La opción **Delete** permite que se borre una o varias filas señaladas. (Figura 3.18).
30. La opción **Conv.** permite que se guarde el archivo de otra manera en Microsoft Excel.

- **F. “Waste Discharge” (Descarga de desecho).**

Antes de mencionar el procedimiento para que se realice una descarga de desecho, se debe realizar siempre que se cambie de grupo de análisis y cuando el equipo no se utiliza por un largo periodo de tiempo.

La descarga de desecho ayuda a estabilizar los valores de análisis del equipo, se realiza la descarga un número “x” de veces sobre un mismo punto en una muestra del mismo material que se vaya a analizar. A continuación se dará los pasos a seguir:

1. En la página del **Content Analysis**, se presiona un clic izquierdo en **Prepare(P)** y se escoge **Waste discharge** (Figura 3.24).

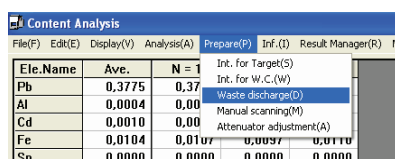


Figura 3.24 Ventana seleccionando waste discharge.

2. Luego en el icono **Number** se selecciona el número de disparos que se desea dar en el mismo sitio de la muestra (Figura 3.25).

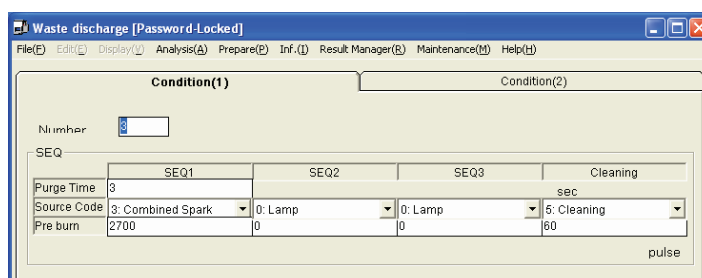


Figura 3.25 Ventana del waste discharge.

Se recomienda realizar al menos 3 descargas de limpieza y no se manipule el resto de datos que se tienen en la caja de dialogo mostrada en la Figura 3.25.

3. Luego se da un clic izquierdo en el icono **Start** o se presiona la tecla **F1** para empezar las descargas,
4. Luego de realizar las descargas la máquina se regresará automáticamente al **Content Analysis** para realizar el ensayo.

- **G. “Recalibration analysis” (re-calibración del equipo).**

Es muy importante que se aprenda a recalibrar la máquina, ya que es necesario comprobar si los resultados que se está obteniendo son precisos.

Recalibrar la máquina no implica que se cambie los valores de la curva de valores admitidos por la norma y calibrados inicialmente por personal calificado.

Frecuencia de re-calibración:

Se hace necesario hacer una re-calibración cuando se tiene los siguientes casos:

- Cuando se cambia de grupo de análisis y verifica que los datos obtenidos luego de realizar un *“Waste Discharge”* no son los esperados.
- Cuando se cierra las válvulas de gas argón por un largo período de tiempo (más de 2 hora).
- Cuando se realiza el mantenimiento preventivo del espectrómetro.

A continuación se menciona los pasos a seguir para completar con éxito este proceso:

1. En la página del **Content Analysis**, se da un clic izquierdo en **Recal. o F10**, para ingresar a la ventana de re-calibración (Figura 3.9).
2. Si se desea podemos ingresar por la barra del menú principal, se da un clic izquierdo en **Analysis(A)** y seleccionamos **Recalibration(S)** (Figura 3.26).

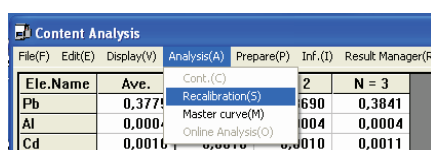


Figura 3.26 Ventana seleccionando la opción recalibration.

3. Dentro de la pantalla **Recalibration** (Figura 3.27), se da un clic izquierdo en la opción **Group** para seleccionar el grupo de análisis que se desea recalibrar.

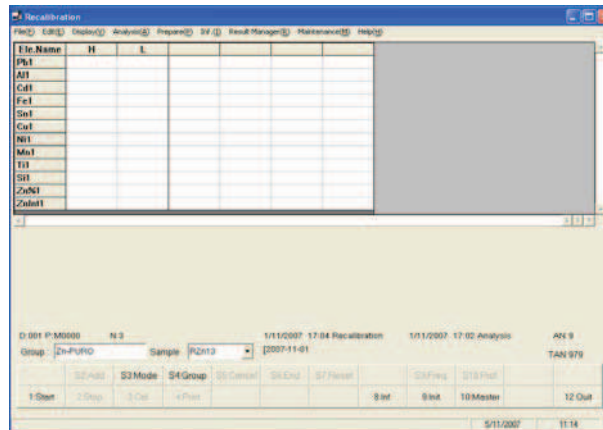


Figura 3.27 Ventana principal de la opción recalibration.

Para una mayor comprensión se realizará un ejemplo basado en la re-calibración para análisis de muestras de **Zinc**, este procedimiento podrá ser aplicado al resto de grupos.

- Luego se da un clic dentro del espacio en blanco y se escribe algún dato que sirva de referencia para empezar la re-calibración (Figura 3.28).

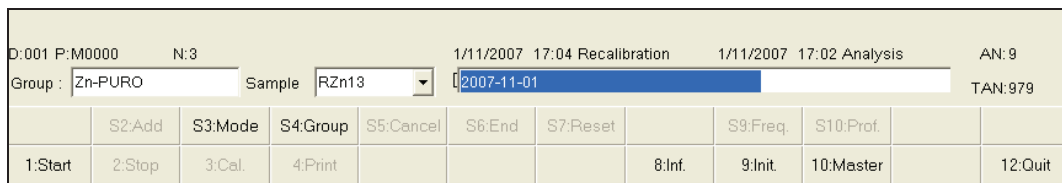


Figura 3.28 Ventana recalibration seleccionando un nombre de identificación.

El espectrómetro cuenta con tres patrones diferentes para cada grupo de análisis, al seleccionar el grupo de análisis automáticamente aparecen los tres patrones a ser utilizados.

- Dentro de la opción **Sample** se da un clic izquierdo para seleccionar el número de patrón (RZn13) que se vaya a colocar en la cámara de destello (Figura 29).

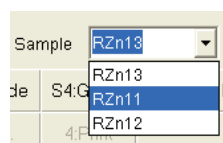


Figura 3.29 Ventana recalibration seleccionando el patrón a ensayar.

6. Luego se da un clic izquierdo en **Start** o se presiona la tecla **F1** para empezar la re-calibración (Figura 3.27).
7. En el patrón seleccionado se realiza tres disparos, cambiando de posición cada vez que se vaya a realizar la descarga.
8. Luego se repite los procedimientos 5 y 6 para los dos patrones restantes.
9. Se debe recordar que al realizase los tres disparos sobre el mismo patrón se debe cumplir con la condición del $C.V. \leq 5$.
10. Luego se verifica que las dos columnas (L y H) estén completas (Figura3.30) y se da un clic izquierdo en **Cal** para empezar el cálculo.

Ele.Name	H	L	N = 1	N = 2	N = 3	C.V.
Pb1	3,9275	,04619	4,0186	3,9043	3,8595	2,0892
Al1	3,7006	,04278	3,7787	3,6847	3,6384	1,9318
Cd1	4,1296	,04017	4,1540	4,1076	4,1271	,56377
Fe1	,94297	,27940	,94506	,95276	,93108	1,1657
Sn1	5,2671	,29855	5,4324	5,2041	5,1650	2,7419
Cu1	4,2136	,06808	4,2634	4,1981	4,1792	1,0477
Ni1	4,5697	1,5818	4,5513	4,6131	4,5447	,82543
Mn1	1,1044	,60050				
Ti1	9,8325	,72330	,72474	,71970	,72545	,43356
Si1						
Zn561						
ZnInt1						

Figura 3.30 Ventana recalibration con todas la columnas completas.

11. A continuación se debe revisar la información obtenida (Figura 3.31), ya que los valores de α deben ser aproximadamente iguales a 1 y los valores de β deben ser aproximadamente iguales a cero.

Significado de los valores obtenidos en la ventana Recalibration:

N=1: Columna de valores promedio del patrón RZn13.

N=2: Columna de valores promedio del patrón RZn11.

N=3: Columna de valores promedio del patrón RZn12.

H: Valor promedio de las columnas N=1, N=2, N=3.

L: Valor promedio de los Coeficientes de variación (C.V.) de los tres patrones.

α : Límite estándar de la muestra¹³

β : Diferencia entre el límite superior y el límite inferior de la muestra estándar⁴.

Ele Name	Alpha	Beta	k	Ele Name	Alpha	Beta	k
PbI	1,0000	-,0029	1,0000				
AlI	1,0000	-,0040	1,0000				
CdI	1,1717	,0070	1,0000				
FeI	1,0400	-,0400	1,0000				
SnI	1,1144	-,0107	1,0000				
CuI	1,0750	-,0009	1,0000				
NiI	1,1844	,0190	1,0000				
MnI	1,0374	,0009	1,0000				
TiI	1,0247	,0242	1,0000				
SiI	1,0000	,0000	1,0000				
ZnI	1,0000	,0000	1,0000				
ZnII	1,0000	,0000	1,0000				

Figura 3.31 Ventana de coeficientes alfa y beta.

12. Si los valores no cumplen con la condición antes mencionada, se da un clic izquierdo en **Cancel** (Figura 3.31), de esta manera se regresa a la página de recalibración para nuevamente realizar los disparos sobre los patrones.
13. Verificado esto, se procede a dar un clic izquierdo en **OK** (Figura 3.31), para aceptar y guardar estos valores como rangos de variación para próximos análisis.
14. Si se necesita imprimir estos valores se da un clic izquierdo en **4:Print** (Figura 3.31).
15. Finalizada la re-calibración se procede a dar un clic izquierdo en **9:Init.** (Figura 3.30) para regresar a la página del “*Content Análisis*”.

3.2 Procedimientos para efectuar el mantenimiento preventivo del espectrómetro.

3.2.1 Condiciones iniciales de operación.

Antes de iniciar un análisis se debe tener en cuenta las siguientes condiciones:

¹³ Manual de operaciones PDA-WIN, Pág 5 y 6.

1. La temperatura de la habitación donde se encuentra el espectrómetro, debe estar dentro de un rango de 23 ± 5 °C (Figura 3.32), es decir, si el termómetro del espectrómetro excede los 40 °C, el resultado de los ensayos realizados serán incoherentes. Si la temperatura de la máquina excede los 60 °C se dará la advertencia con el sonido de un zumbador¹⁴.
2. Si se escucha el sonido del zumbador se debe apagar la máquina desconectando del tablero de control, el interruptor de potencia (Figura 3.32). De no ser así la máquina podría averiarse.
3. Se debe verificar si existe caídas de presión en el manómetro de ingreso al espectrómetro (Figura 3.35), cerrando la válvula del mismo, si no varía la presión seteada significa que el sistema no tiene fugas, caso contrario se debería verificar la tubería de transporte desde el cilindro de gas argón hasta el manómetro de ingreso a la máquina.



Figura 3.32 Panel de control del espectrómetro.

Especificaciones del tablero de control:

- 1: Interruptor de Potencia.
- 2: Fuente de energía para la bomba de vacío.
- 3: Fuente de energía principal.
- 4: Conexión a Tierra.
- 5: Conexión de Gas Argón.

¹⁴ Manual de instrucciones del Espectrómetro; Pag. 5.

- 6: Interfase Espectrómetro-Computador.
- 7: Consola.
- 8: Aire comprimido.
- 9: Fuente.
- 10: Controlador de temperatura.

4. En la botella de agua se debe verificar el número de burbujas por minuto que salen de gas argón cuando no se utiliza la máquina (Figura 3.33). El valor recomendado por técnicos de Shimadzu es de 2 a 3 burbujas por minuto.



Figura 3.33 Botella de agua.

5. Si se va a regular el flujo de gas argón en la botella de agua, se debe girar la perilla **BYPASS** (Figura 3.34) hasta conseguir de 2 a 3 burbujas por minuto.



Figura 3.34 Regulador de flujo de gas argón en bypass.

6. Se debe verificar la presión en el manómetro de ingreso al espectrómetro, cuando esta funcionando la máquina, la presión recomendada por técnicos de Shimadzu debe ser de 2.5 psi, si no está seteado este valor se deberá regular girando la perilla que dice AGA (Figura 3.35) en funcionamiento del espectrómetro.



Figura 3.35 Manómetro de ingreso de gas argón al espectrómetro.

7. Se debe verificar el flujo de gas argón cuando la máquina esta en funcionamiento, el valor normal establecido por técnicos de Shimadzu debe ser de 10 litros por minuto, en caso de regular este valor se debe girar la perilla del flujómetro (Figura 3.36) pero en el proceso de análisis del espectrómetro.



Figura 3.36 Flujómetro de bola.

3.2.2 Mantenimiento de los accesorios del espectrómetro.

Para realizar el mantenimiento del espectrómetro y de los diferentes accesorios se debe utilizar todos los implementos de seguridad industrial tales como: guantes, casco, ropa adecuada, orejeras, mascarilla, gafas.

3.2.2.1 Cambio de aceite en la bomba de vacío.

1. Para cambiar el aceite de la bomba, primeramente se debe apagar (OFF) la bomba (Figura 3.37).
2. Retirar el tapón de desagüe utilizando una llave de boca # 19.

- Mientras se vacía el aceite, se enciende (ON) y se apaga (OFF) la bomba, durante periodos cortos de tiempo, se repite esto durante unos segundos, para impedir que el aceite contaminado se quede en la bomba.



Figura. 3.37 Bomba de vacío.

Detalle de la Bomba de Vacío:

- A: Tapón de ingreso de aceite.
- B: Indicador del nivel de aceite.
- C: Tapón de desagüe.
- D: Interruptor de potencia.

- Después de drenarse todo el aceite, se coloca el tapón de desagüe.
- Luego se retira el tapón de ingreso de aceite utilizando una llave de boca o corona #28.
- Por último se debe ingresar aceite nuevo hasta cubrir el círculo rojo mostrado en el indicador del nivel (Figura 3.38), aproximadamente 0.2 litros.
- Colóquese el tapón de ingreso de aceite y enciéndase la bomba pulsando el botón ON.



Figura 3.38 Indicador del nivel de aceite.

3.2.2.2 Limpieza de la botella de agua.

El procedimiento para la limpieza de la botella de agua es el siguiente:

1. Retírese la manguera de salida del gas argón del espectrómetro y de la botella de agua (Figura 3.39).



Figura 3.39 Retiro de la manguera del espectrómetro y de la botella.

2. Con la ayuda de un soplete de aire, límpiese el hollín que se encuentra en el interior de la manguera (Figura 3.40).



Figura 3.40 Limpieza del interior de la manguera.

3. Cámbiese el agua de la botella con agua potable hasta el nivel indicado en la botella (Aproximadamente medio litro) (Figura 3.41).

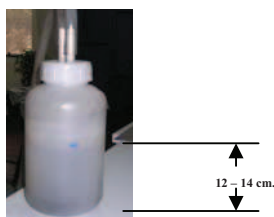


Figura 3.41 Nivel de agua en la botella de agua.

3.2.2.3 Limpieza de los filtros de polvo.

El procedimiento para la limpieza de los filtros es el siguiente:

1. Retírese las tapas de apoyo y los filtros de polvo.

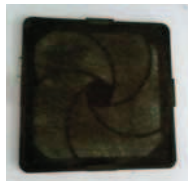


Figura 3.42 Filtros de polvo.

2. Con la ayuda de un compresor de aire soplese los filtros.

3.2.2.4 Cambio de los absorbedores de humedad.

El procedimiento para la limpieza de los absorbedores de humedad es el siguiente:

1. Apáguese la máquina bajando el interruptor de potencia desde el panel de control que se muestra en la Figura 3.32.
2. Retírese los tornillos que sujetan los paneles frontales del espectrómetro (Figura 3.43).



Figura 3.43 Espectrómetro PDA 7000 – marca shimadzu.

3. Retirar los paneles frontales, el tornillo de presurización mostrado en la Figura 3.44 se debe girar lentamente para que pueda ingresar aire al interior de la cámara de vacío del espectrómetro.

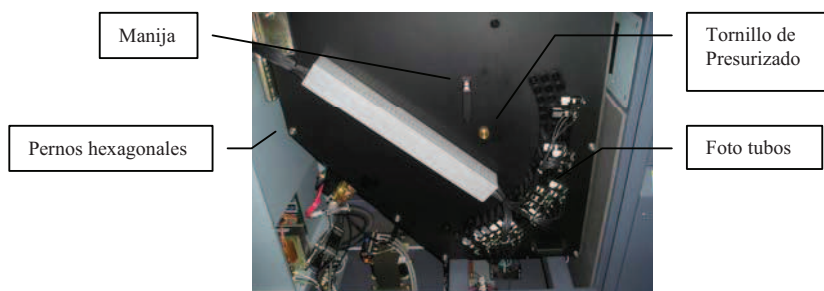


Figura 3.44 Compuerta de la cámara de vacío del espectrómetro.

4. Luego de un tiempo prudencial se debe aflojar los pernos hexagonales mostrados en la Figura 3.44.

Se debe tener mucho cuidado al aflojar el tornillo de presurización ya que el interior de la cámara tiene una depresión de 5 Pa. Al retirarse bruscamente el tornillo podría generar daños en la máquina y un peligro para quienes están realizando el mantenimiento.

5. Cuando se haya quitado los 7 pernos hexagonales de la máquina, tomar firmemente la manija de la puerta (Figura 3.44) y halar con mucho cuidado.
6. Retirar la caja de bolitas y cámbiese de absorbedores de humedad en una cantidad aproximadamente de 50 gr.
7. Y por último colóquese la compuerta en su lugar.

No se debe tocar ni manipular los fototubos mostrados en la Figura 3.44, ya que se podría causar serios problemas en la sensibilidad del equipo.

3.2.3 Mantenimiento de la cámara de descarga del espectrómetro.

3.2.3.1 Limpieza de la posición de chispa.

1. Con la ayuda de una palanca, retirar el plato de muestras, tal y como se muestra en la Figura 3.45.

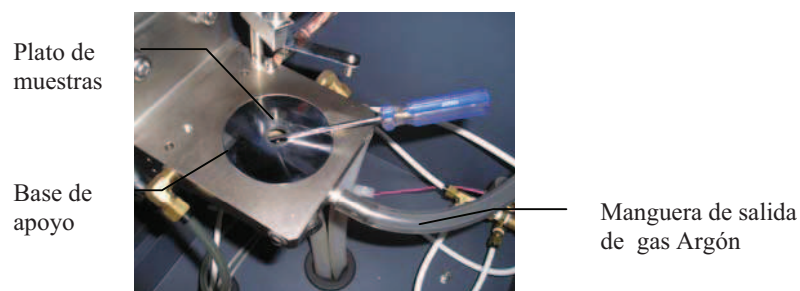


Figura 3.45 Posición de chispa.

2. Retira la copa de polvo con mucho cuidado hacia arriba (Figura 3.46).

3. Con la ayuda de una franela límpiase el resto de grasa de silicio de la base de apoyo, del plato de muestras y el hollín de la copa de polvo (Figura 3.46, 3.47 y 3.48).

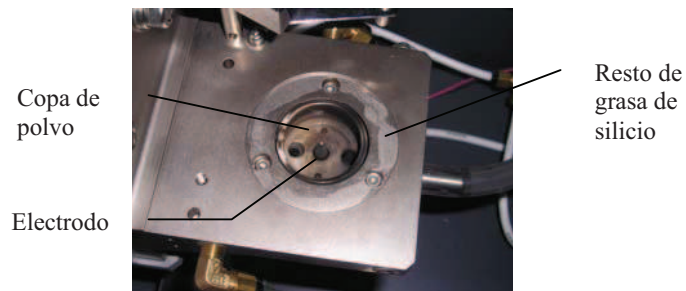


Figura 3.46 Base de apoyo sin el plato de muestras.

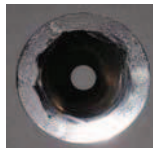


Figura 3.47 Plato de muestras.



Figura 3.48 Copa de polvo.

Nota:

La copa de polvo es hecha de cerámica, mientras se limpia el hollín se debe tener mucho cuidado de no dejarlo caer. Si la copa de polvo es dañada no se podrá utilizar.

4. Aflójese la contra tuerca que se muestra en la Figura 3.49 en sentido anti-horario, para retirar el electrodo.

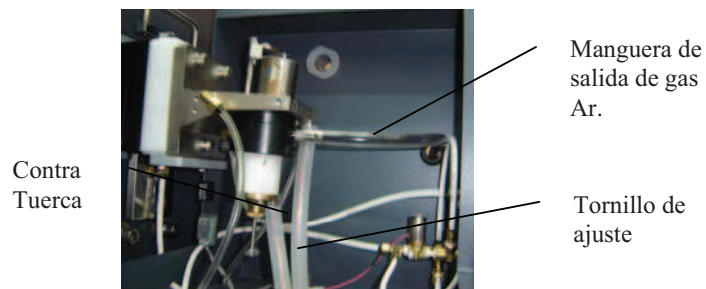


Figura 3.49 Tornillo de ajuste y contra tuerca.

5. Con la ayuda del alicate retírese el electrodo como se muestra en la Figura 3.50.



Figura 3.50 Extracción del electrodo.

6. Verifíquese la longitud del electrodo, recuerde que la punta tiene un ángulo de 30° y la medida original del electrodo es de 100 mm. y se puede utilizar hasta una longitud de 82 – 83 mm. (Figura 3.51).



Figura 3.51 Electrodo de tungsteno.

7. Si el electrodo tiene la punta llena de escoria, se debe limpiar con una brocha metálica.

Después de 200 a 300 descargas, se deberá realizar el afilado del electrodo hasta alcanzar un ángulo de punta de 30° . Utilizándose para este caso un torno con una cuchilla de carburo de tungsteno.

Cuando el electrodo este listo, se procede a introducirlo en el agujero de donde se lo toma, con la punta hacia arriba.

8. Luego retírese la manguera de salida del gas argón (Figura 3.49).
9. Con la ayuda de un cotonete límpiense los conductos de adentro hacia fuera (Figura 3.52)

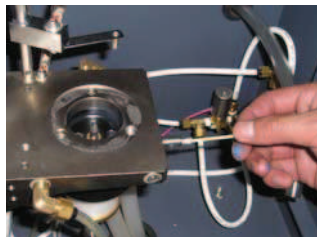


Figura 3.52 Limpieza de conductos

10. Aplíquese una pequeña capa de grasa de silicio en la periferia del plato de muestras y colóquese la copa de polvo en el lugar de donde se extrajo.
11. Colóquese el plato de muestras en la base de apoyo y presione ligeramente hasta que el plato se mantenga fijo.
12. Con el patrón de la Figura 3.53 se procede a calibrar la altura del electrodo, se apoya el patrón en el plato de muestras y se regula el electrodo con el tornillo de ajuste hasta que tope al patrón. Se asegura la altura del electrodo ajustando la contra tuerca.



Figura 3.53 Patrón de ajuste de altura del electrodo.

3.2.4 Mantenimiento del intercambiador de calor.

El Intercambiador de Calor es una máquina que ayuda a mantener la temperatura estable en la base de apoyo que se muestra en la Figura 3.45. Esta máquina se programó para mantener una temperatura de 17 a 20 °C.

El mantenimiento de esta máquina se debe realizar cambiándose de agua de la siguiente manera:

1. Levántese la tapa del intercambiador mostrada en la Figura 3.54, si el agua esta llena de costras de color verdoso, retírese las mismas con la ayuda de una cuchara.

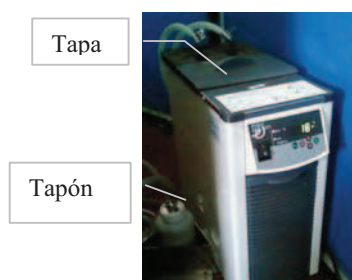


Figura 3.54 Intercambiador de calor.

2. Colóquese un recipiente debajo del el tapón mostrado en la Figura 3.54, y retírese el mismo.
3. Para lavar el interior del intercambiador de calor se debe añadir una pequeña cantidad de agua.
4. Luego se debe colocar el tapón y llenarse con agua potable o si se prefiere se puede utilizar líquido para radiadores de autos (Aproximadamente un galón).

El líquido usado para radiadores tiene un punto de ebullición por encima del agua (100 °C), lo que evita que se formen incrustaciones de calcio en los conductos del espectrómetro y en el intercambiador de calor.

3.2.5 Cambio de cilindro de gas argón.

Como se sabe el espectrómetro utiliza argón grado “5” para realizar el análisis, es decir, 99.99999 % puro.

1. Para cambiar de cilindro primeramente se debe cerrar la válvula principal (Figura 3.55).
2. Con una llave inglesa aflójese la tuerca de acople (Figura 3.55).



Figura 3.55 Válvula principal del cilindro de argón.

3. Luego se debe retirar el cilindro sin carga y cambiarse con un cilindro lleno.
4. Por último ajústese la tuerca de acople y abra la válvula principal.

Es preciso que se recuerde que el sistema tiene acoplado dos cilindros de argón, en caso de que un cilindro se termine solo se debe girar la válvula selección de flujo (Figura 3.56) para que el otro cilindro trabaje.

3.2.6 Purga de la tubería y regulación de la presión del argón:

Al retirarse el cilindro vacío, la tubería quedo expuesta al medio ambiente, es por ello que se hace indispensable realizar una purga a la tubería. Tenga mucho cuidado de no inhalar el gas en el proceso.

1. Con la válvula principal del cilindro abierta, se debe girar la válvula de purga en el sentido contrario al de las manecillas de reloj (Figura 3.56) de manera inmediata se debe regresar la válvula de purga a su posición original.
2. Este proceso se debe realizar tres veces seguidas.

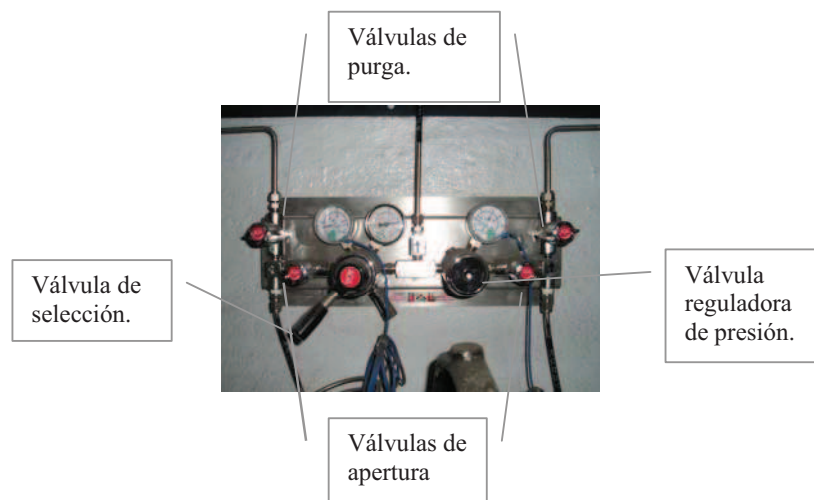


Figura 3.56 Sistema de distribución del argón.

3. La presión en el manómetro derecho de la Figura 3.56 debe ser 16.8 bar, si no se tiene esta presión gírese la válvula reguladora hasta la presión deseada.
4. Recuerde que si no se va a utilizar el espectrómetro por un largo periodo de tiempo, no es indispensable tener presurizado el sistema, es por ello que puede cerrar la válvula de apertura mostrada en la Figura 3.35.

3.2.7 Mantenimiento de la lijadora yodogawa.

3.2.7.1 Cambio de banda lijadora.

1. Retírese los ganchos de anclaje que se muestran en la Figura 3.57.



Figura 3.57 Ganchos de anclaje de las tapas.

2. Colóquese la palanca tubular en el brazo de apertura y desplace hacia la izquierda el rodillo.

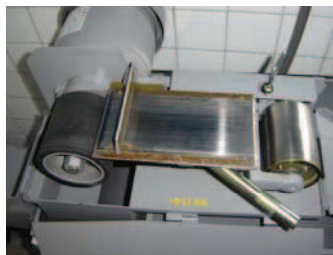


Figura 3.58 Desplazamiento del rodillo.

3. Luego se coloca la lija nueva sobre los rodillos tal y como se muestra en la Figura 3.59.



Figura 3.59 Cambio de lija nueva.

4. Se cierran las tapas y se empieza a girar con la mano la lija en sentido derecha-izquierda.
5. Con la ayuda de un destornillador se regula el balanceo del rodillo (Figura 3.60).

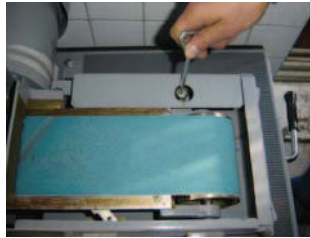


Figura 3.60 Balanceo del rodillo.

6. Luego se da pequeños giros pulsándose sobre el botón ON de la lijadora para observarse si la lija esta balanceada.
7. Finalmente se enciende la máquina cuando se sienta seguros que la lija esta balanceada.

3.2.7.2 Limpieza de la máquina.

1. Con la máquina apagada, rótese la manija que se muestra en la Figura 3.61, para que toda la limalla se remueva del filtro y se deposite en las bandejas en el inferior de la máquina.



Figura 3.61 Manija agitadora del filtro.

2. Luego de 2 minutos aproximadamente, se abre la puerta de la lijadora, liberándose los seguros que se muestran en la Figura 3.62.



Figura 3.62 Interior de la pulidora yodogawa.

3. Retírese las 4 tuercas que sujetan el filtro de polvo.
4. Con la ayuda de un compresor de aire soplese el filtro de polvo (Figura 3.63).



Figura 3.63 Filtro de limalla



Figura 3.64 Restos de limalla.

5. Retírese las bandejas y límpiense la limalla de las mismas (Figura 3.64).

CAPÍTULO IV

4. ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE PARA MANEJO DE INFORMACIÓN

4.1 Introducción.

En el capítulo anterior, se pudo observar en una de las opciones del programa de interfase con el espectrómetro, que tiene una base de datos propia, en la cual se almacenan todos los ensayos que se realizan, pero estos datos se manipulan para ordenarlos y presentarlos de mejor manera, es decir, en este capítulo se explica como se elaboró e implementó un programa para manejar estos archivos dentro de una base de datos externa, la cual servirá para llevar un control de los diferentes ensayos realizados.

Para empezar la programación del software, se debe tener en cuenta lo siguiente: el operador no deberá ingresar los 20 elementos químicos que analiza el espectrómetro en una base de datos, el objetivo de este programa es, después de abrir el archivo del espectrómetro (QRDATA) en el programa Microsoft Excel, el operador deberá guardar este archivo con cualquier nombre pero como tipo CSV(delimitado por comas), esto permitirá al operador migrar los datos a una base de datos programada, de una manera más fácil.

4.2 El PHP.

Para el desarrollo del software se utilizó el programa PHP (Personal Home Page), el cual es un lenguaje de programación de estilo clásico, es decir con variables, sentencias condicionales, bucles, funciones, etc. Y fue diseñado originalmente para la creación de páginas Web dinámicas.

Pero a diferencia de Java o JavaScript que se ejecutan en el navegador, PHP se ejecuta en el servidor, esto permite acceder a los recursos que tenga el servidor como por ejemplo podría ser una base de datos. El programa PHP luego de ejecutarse en el servidor, el resultado se envía al navegador. El resultado es normalmente una página HTML pero igualmente podría ser una página WML.



Figura 4.1 Funcionamiento de PHP ¹⁵

Al ser PHP un lenguaje que se ejecuta en el servidor no es necesario que su navegador lo soporte, es independiente del navegador, pero sin embargo para que sus páginas PHP funcionen, el servidor donde están alojadas debe soportar PHP.

4.2.1 Historia de PHP

PHP es un lenguaje creado y desarrollado en el año 1994 por Rasmus Lerdorf como un CGI escrito en C que permitía la interpretación de un número limitado de comandos.

El sistema fue denominado Personal Home Page Tools y adquirió relativo éxito gracias a que otras personas pidieron a Rasmus que les permitiese utilizar sus programas en sus propias páginas.

¹⁵ <http://www.lawebdelprogramador.com>

Dada la aceptación del primer PHP y de manera adicional, su creador diseñó un sistema para procesar formularios al que le atribuyó el nombre de F1 (Form Interpreter) y el conjunto de estas dos herramientas, sería la primera versión compacta del lenguaje: PHP/F1.

La siguiente gran contribución al lenguaje se realizó a mediados de 1997 cuando se volvió a programar el analizador sintáctico, se incluyeron nuevas funcionalidades como el soporte a nuevos protocolos de Internet y el soporte a la gran mayoría de las bases de datos comerciales, todas estas mejoras sentaron las bases de PHP versión 3. Actualmente PHP se encuentra en su versión 4, que utiliza el motor Zend, desarrollado con mayor meditación para cubrir las necesidades actuales y solucionar algunos inconvenientes de la anterior versión.

Algunas mejoras de esta nueva versión es su rapidez, gracias a que primero se compila y luego se ejecuta, mientras que antes se ejecutaba mientras se interpretaba el código, su mayor independencia del servidor Web creando versiones de PHP nativas para más plataformas y un API más elaborado y con más funciones.

En 1998, después del lanzamiento oficial de PHP 3, Andi Gutmans y Zeev Suraski comenzaron a trabajar en la reescritura del núcleo de PHP, los objetivos de diseño fueron mejorar la ejecución de aplicaciones complejas y mejorar la modularidad del código base de PHP, estas aplicaciones se hicieron posibles por las nuevas características de PHP 3, es por ello que PHP 4 es la última versión liberada de PHP.

Para que funcione PHP se necesita lo siguiente:

- Versión compilada de PHP (<http://www.php.net>).
- Un servidor Web (Apache, PWS, IIS, Etc.).
- Si desea manejar base de datos se recomienda Mysql Server (<http://www.mysql.com>).

4.2.2 Estructura del lenguaje PHP.

PHP por ser un lenguaje basado en C, posee una estructura similar en la que se puede destacar las siguientes instrucciones que permiten poder salir de HTML y entrar en modo PHP.

```
<?php //inicio de php
```

```
¿< //fin de las instrucciones php
```

O también:

```
<?
```

```
¿<
```

Además PHP incluye sentencias propias del lenguaje C con la diferencia de que sus variables son reprensadas con un signo de dólares seguido por el nombre de la variable. Por ejemplo:

```
If (condition)
```

```
{
```

```
    Este bloque se ejecuta si la condición es VERDADERA
```

```
}else
```

```
{
```

```
    Este bloque se ejecuta si la condición es FALSA
```

```
}
```

```
For ($var=vinicial; $var <= condición; $var++)
```

```
{
```

```
Instrucciones;
```

```
}
```

```
While ($var < valor)
```

```
{
```



```
Instrucciones;  
  
$var++;  
  
}  
  
Do {  
  
Instrucciones;  
  
} while (condition);
```

4.3 My Sql (Administrador de base de datos).

4.3.1 Introducción.

My SQL es un sistema de administración de base de datos, que permite agregar, acceder y procesar los datos de almacenamiento en una base de datos mediante su incorporado lenguaje de consulta estructurado SQL (Lenguaje de Consultas Estructurado), ya sea esta tan simple como la de una agenda de un contador, o tan compleja como llevar la información de los análisis que se desarrollen en el espectrómetro.

Además My SQL utiliza el GLP(Licencia Publica General), se puede bajar de Internet y utilizarlo, lo que hace más sencillo instalar y poner a prueba el programa en la empresa Novacero S.A.

El servidor MySQL fue desarrollado originalmente para manejar grandes bases de datos mucho más rápido que las soluciones existentes y ha estado siendo usado exitosamente en ambientes de producción sumamente exigentes por varios años.

El servidor MySQL ofrece hoy un conjunto poderoso y útil de funciones. Su conectividad, velocidad y seguridad de MySQL un servidor bastante apropiado para acceder a bases de datos en Internet, razón por la cual se utilizará para almacenar los archivos que se genere del Espectrómetro de emisión óptica.

4.3.2 Características técnicas de MySQL.

MySQL es un sistema Cliente/Servidor que consta de un servidor SQL multi-hilo que soporta diferentes Backends, variados programas cliente y de librerías, administrador de herramientas y un programa de interfase.

4.3.2.1 Características principales de MySQL.

Las características más importantes de MySQL son:

- Tiene enlaces para clientes en C++, Elffel, PHP, Pitón, JAVA, Perl, TCL.
- Tiene multiprocesos, es decir puede usar varios CPU si estos están disponibles.
- Puede trabajar en distintas plataformas y S.O. distintos.
- Tiene sistemas de contraseñas y privilegios muy flexibles y seguros.
- Todas las palabras de paso viajan encriptadas en la red.
- Tiene registros de longitud fija y variable.
- Tiene 16 índices por tabla, cada índice puede estar compuesto de 1 a 15 columnas o parte de ellas con una longitud máxima de 127 bytes.
- Todas las columnas pueden tener valores por defecto.
- Utilidad Isamchk para chequear, optimizar y reparar tablas.
- Todos los datos están grabados en formatos ISO8859_1.
- Los clientes usan TCP o UNIX Socket para conectarse al servidor.
- Todos los comandos tienen ayudas (help).
- Soporta diversos tipos de columnas como enteros de 1, 2, 3, 4 y 8 bytes, coma flotante, doble precisión, carácter, flechas enumerados, etc.
- ODBC para Windows 95 (con fuentes), se puede utilizar ACCESS para conectar con el servidor.

- Muy rápida usando Joins, optimizada para un barrido multi-joins.
- Todas las funciones y operadores soportan en el SELECT y WHERE como partes de consultas.

4.3.2.2 Tipos de datos de Mysql.

Los tipos de datos que puede haber en un campo en Mysql, se pueden agrupar en tres grandes grupos:

1. Tipos Numéricos.
2. Tipos de Fecha.

4.3.2.2.1 Tipos numéricos:

Existen tipos de datos numéricos, que se pueden dividir en dos grandes grupos, los que están en coma flotante (con decimales) y los que no.

TinyInt: es un número entero con o sin signo. Con signo el rango de valores válidos va desde -128 a 127. Sin signo, el rango de valores es de 0 a 255.

Bit o Bool: un número entero que puede ser 0 ó 1.

Small Int: número entero con o sin signo. Con signo el rango de valores va desde 8388608 a 8388607. Sin signo el rango va desde 0 a 16777215.

Integer, Int: número entero con o sin signo. Con signo el rango de valores va desde 2147483648 a 2147483647. Sin signo el rango de valores va desde 0 a 4294967295.

Big Int: número entero con o sin signo. Con signo el rango de valores va desde 9223372036854775808 a 9223372036854775804. Sin signo el rango va desde 0 a 18446744073709551615.

Float: número pequeño en coma flotante de precisión simple. Los valores válidos van desde -3.402823466E+38 a -1.175494351E-38, y desde 1.175494351E-38 a 3.402823466E+38.

xReal, Doble: número en coma flotante de precisión doble. Los valores permitidos van desde -1.7976931348623157E+308 a -2.2250738585072014E-308, 0 y desde 2.2250738585072014E-308 a 1.7976931348623157E+308.

Decimal, Dec, Numéric: número en coma flotante desempaquetado. El número se almacena como una cadena.

4.3.2.2.2 Tipos de fecha:

A la hora de almacenar fechas, hay que tener en cuenta que Mysql no comprueba de una manera estricta si una fecha es válida o no. Simplemente comprueba que el mes esta comprendido entre 0 y 12 y que el día esta comprendido entre 0 y 31.

4.4 Joomla.

Es un Sistema de Gestión de Contenidos (CMS) poderoso y fácil de utilizar. Diseñado para gestionar numerosas configuraciones de sitios Web, Joomla es lo bastante simple para sitios pequeños y lo suficientemente robusto para aplicaciones profesionales a gran escala.

El Joomla es una pronunciación fonética de la palabra Swahili jumla, que significa “todos juntos” o “como un conjunto”.

Joomla 1.0 fue lanzado oficialmente en septiembre de 2005 por un equipo de desarrolladores propio, que trabajaban originalmente en el proyecto Mambo. Las versiones de Mambo anteriores a 4.5 son de interés histórico solamente. Mambo 4.5.2.3 fue seguido directamente por Joomla!. La próxima versión de Joomla!, la 1.5 se apartará significativamente de las raíces de Mambo y contará con un código completamente renovado.

Joomla se utiliza en todo el mundo para generar desde una simple página Web personal hasta complejas aplicaciones Web corporativas. Entre los diferentes usos que se da al software están:

- Webs Corporativas o Portales.
- Comercio Electrónico.
- Pequeños Sitios de Negocios.
- Webs de Organizaciones o ONGs.
- Aplicaciones Gubernamentales.
- Intranets y Extranets Corporativas.
- Webs de Escuelas o Agrupaciones.
- Páginas Personales o Familiares.
- Portales de Comunidades.
- Revistas y Periódicos.

las posibilidades son ilimitadas.

Joomla se puede usar para gestionar fácilmente cualquiera de los aspectos de un sitio Web, desde la introducción de contenidos e imágenes hasta la actualización de un catálogo de productos o la realización de reservas online.

A continuación se muestra algunos ejemplos de los cientos de extensiones disponibles:

- Generadores de Formularios Dinámicos.
- Directorios de Empresas u Organizaciones.
- Gestores de Documentos.
- Galerías de Imágenes Multimedia.
- Motores de Comercio y Venta Electrónica.

- Software de Foros y Chats.
- Calendarios.
- Software para Blogs.
- Servicios de Directorio.
- Boletines de Noticias.
- Herramientas de Registro de Datos.
- Sistemas de Publicación de Anuncios.

Para el diseño del programa se utilizó las páginas pre-diseñadas y se cambio en los nombres, fotografías, etc.

4.5 Instalación del programa.

Los archivos y programas de instalación se encuentran en un CD, el cual estará adjunto en el presente documento, para poder ejecutar el programa de se debe seguir los siguientes pasos:

- Se debe instalar primero el programa **APPSERV**:



Figura 4.2 Icono de instalación.

- De un clic en siguiente a todas la paginas que se presente.

Al instalar el Appserv, por defecto se instalara el MY SQL (Base de datos) y el PHP.

- En el directorio C: se creara una carpeta llamada Appserv, proceda a abrir y dentro de la carpeta **www** se debe crear otra carpeta con el nombre del sitio, Ejemplo: novacero (Figura 4.3).

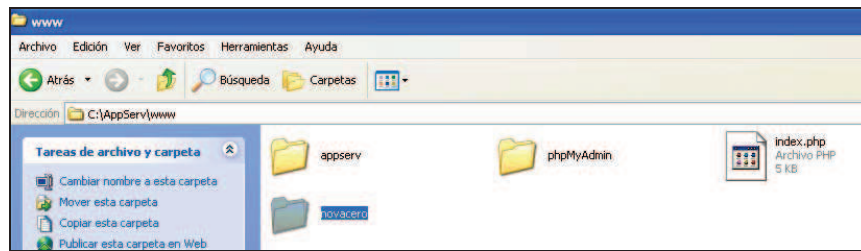


Figura 4.3 Carpeta creada con el nombre de novacero.

- En la carpeta creada (novacero) pulse para abrir y cópiese el contenido de la carpeta **Joomla** que esta en la carpeta **Programas** (Figura 4.4).

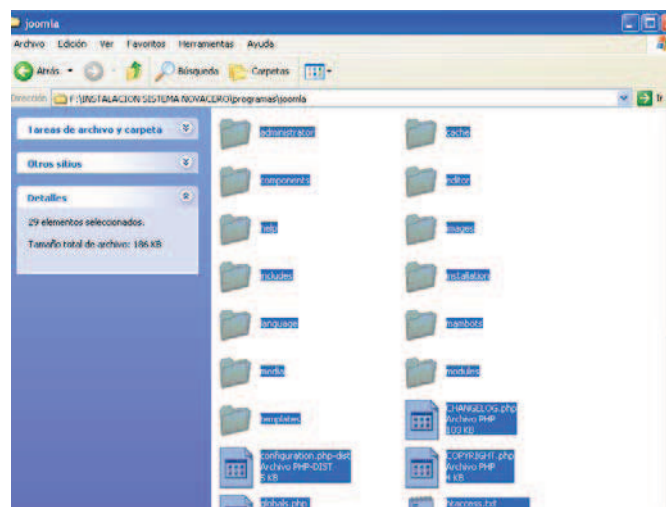


Figura 4.4 Selección del contenido de la carpeta Joomla.

- Para instalar el Joomla, se procede a abrir el navegador de Internet y digitar en la barra de direcciones lo siguiente: localhost/nombre carpeta (novacero) y se presiona la tecla enter (Figura 4.5).



Figura 4.5 Navegador de Internet.

- Cuando se inicia el programa Novacero por primera vez, este pedirá instalar el **Joomla**, en el cual se debe seguir los pasos que pide.

- En el paso 3 se debe ingresar todos los siguientes datos:
 - Nombre del servidor: localhost.
 - Nombre del usuario mysql: root.
 - Contraseña: dejar en blanco.
 - Nombre de la base de datos: base_nova.
 - Y quitar el visto de instalar datos de ejemplo.
- En el paso 4 se debe ingresar todos el nombre del Web: Nombre de la empresa para la cual es la página ejemplo: **NOVACERO S.A.**
- En el quinto paso se debe ingresar los siguientes datos:
 - Email: cualquier e-mail que se desee, inclusive si no existe.
 - Contraseña: especificar una contraseña que no se olvide.
- Finalmente se acepta por defecto el último paso de instalación del Joomla.
- Luego se debe borrar la carpeta **Installation** que esta en: c:/appserv/www/novacero/installation.
- Luego se debe copiar el contenido de la carpeta **Base de datos** a C:/appserv/mysql/data (Figura 4.6).

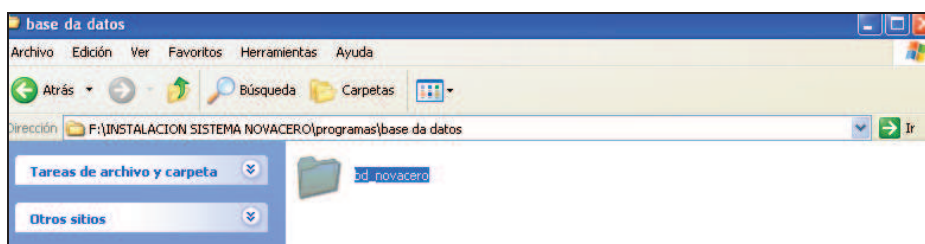


Figura 4.6 Selección del contenido de la carpeta base de datos.

- El archivo **Conectarse** de la carpeta Programas se debe copiar en c:/appserv/www/novacero, (Figura 4.7).

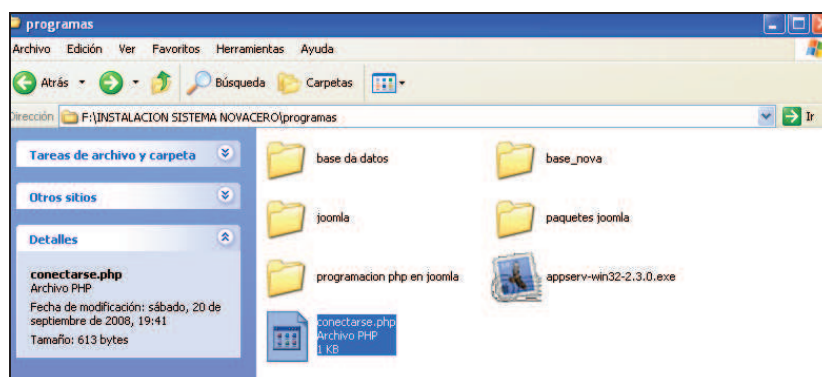


Figura 4.7 Selección de la carpeta conectarse.

- El contenido de la carpeta **Programación php en Joomla** se debe copiar en `c:\appserv\www\novacero`, a lo cual se debe dar un clic en **reemplazar todo** en la caja de dialogo que se presente.
- Finalmente se debe reemplazar la carpeta **base_nova** que esta en `C:/appserv/mysql/data` por **base_nova** de los programas de instalación del disco (Figura 4.8).

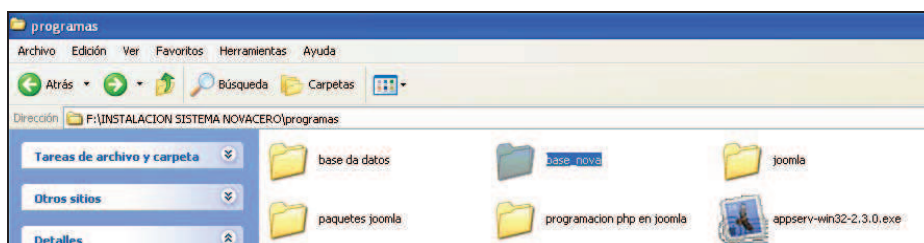


Figura 4.8 Selección de la carpeta base_nova.

4.6 Manejo del programa:

Antes de empezar a manejar el programa se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- Luego realizar los pasos D19 al D25 del capítulo 3, el archivo generado en Microsoft Excel no debe ser manipulado solo se debe guardar, escribiendo en **Nombre de archivo:** el número de ensayo realizado, ya que este valor jamás se repite en la base de datos original del espectrómetro.

- Luego en la opción **Guardar como tipo**, se debe escoger la opción: **CSV (delimitado por comas)** (Figura 4.3).

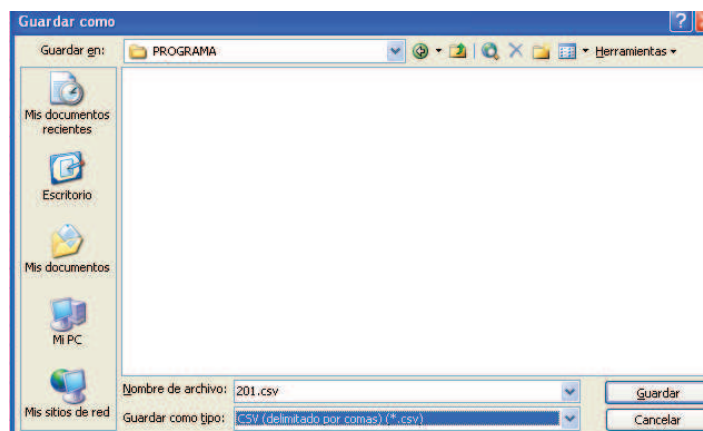


Figura 4. 9 Opción guardar como tipo: CSV (delimitado por comas).

- En la caja de dialogo pulse en **Si**, para aceptar la condición que se presenta y se debe cerrar el archivo dando un clic en la opción **No** que aparece en la caja de dialogo: *Desea guardar los cambios efectuados.*
- Luego se debe abrir el archivo guardado en Bloc de notas (Figura 4.4).

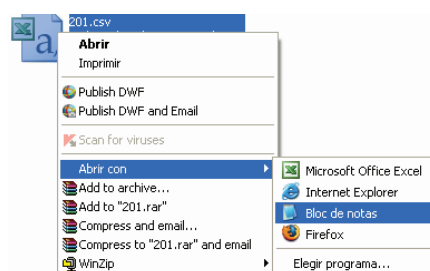


Figura 4. 10 Opción abrir con – bloc de notas.

- Para que el programa funcione, antes de guardar este archivo en la base de datos, se debe posicionar en la última palabra del texto y suprimir el espacio vacío que se genero (Figura 4.5).

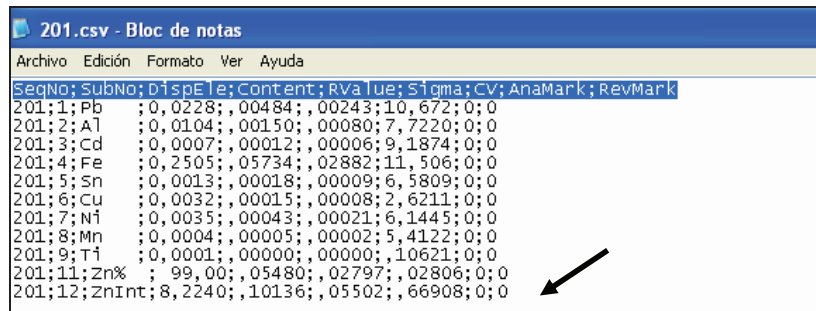


Figura 4. 11 Archivo en bloc de notas.

4.7 Migración de archivo:

- Para migrar los archivos guardados y actualizar la base de datos, se debe abrir el explorador Mozilla Firefox.
- En la barra de búsqueda del Internet Explorer, se debe escribir “http://localhost/novacero” y pulse enter.



Figura 4. 12 Página de acceso al programa.

- En la página principal del programa pulse la opción **Usuario y Clave**, ingrese el nombre del usuario y la clave respectivamente, pulse **Enter** (Figura 4.6).

Usuario: novacero

Clave: novacero



Figura 4. 13 Página principal del programa.

- Luego se debe escoger la opción **Migrar análisis** (Figura 4.7).
- Seleccione la opción **Examinar**, y busque el archivo a migrar a la base de datos (Figura 4.8).

Elija archivo:

Figura 4. 14 Pestaña “Elija archivo”.

- Luego se escoge la opción **Abrir**, y por último pulse en la opción **Enviar Archivo** (Figura 4.8).

4.8 Generación de reportes:


- Para generar el reporte se debe escoger la opción **Lotés** de la opción Reportes (Figura 4.7.)
- Luego se debe ingresar los datos que pide la tabla, como se muestra en la Figura 4.9 y pulse **Visualizar**.

LOTES PROCESADOS	
Id. Lote :	<input type="text"/>
Tipo de Muestra:	<input type="text"/>
Solicitado por:	<input type="text"/>
N. Disparos:	<input type="text"/>
Operador:	<input type="text"/>
Orden de Trabajo No:	<input type="text"/>
Fecha de Ensayo:	2008-11-23 año-mes-día
Grupo de Analisis:	ACEROS DE BAJA ALEACION
Lote:	<input type="text"/>
Colada:	<input type="text"/>

Visualizar

Figura 4. 15 Pestaña “Reportes”.

- En la Figura 4.10, se muestra un reporte de un informe de composición química de una muestra de zinc puro.


REGISTRO F-MTCC.15.01
 Edición: Cero

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
Informe de Composición Química

Tipo de Muestra: Materia Prima
 Solicitado por: Novacero-Quito
 No. Disparos: 3
 Operador: IG
 Orden de Trabajo N.: 120

Identificación: 201
 Fecha de Ensayo: 2008-11-24

Grupo de Análisis: ZINC PURO Lote: Desconocido Colada: Desconocido

RESULTADOS	
Elem. Disp.	Contenido
%Pb	0.022800
%Al	0.010400
%Cd	0.000700
%Fe	0.250500
%Sn	0.001300
%Cu	0.003200
%Ni	0.003500
%Mn	0.000400
%Ti	0.000100
%Zn%	99.000000
%Znbt	8.224000
Carbono Eq.	0.000355

Figura 4. 16 Reporte de composición química.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE ENSAYOS MECÁNICOS Y METALÚRGICOS

5.1 Introducción.

Los ensayos mecánicos y metalúrgicos que se realizan en los materiales, tienen como objetivo aportar con la información necesaria para conocer las propiedades de dicho material.

Ensayos mecánicos.

Existen varios ensayos mecánicos que se pueden realizar en las varillas de construcción, el presente análisis toma en consideración los requerimientos que la norma **INEN 109** exige para las varillas de construcción:

- Ensayo de tracción y
- Ensayo de doblado.

Estos dos ensayos se los realiza en la empresa Novacero, para el estudio se considera necesario también realizar el:

- Ensayo de dureza.

5.2.1 Ensayo de tracción. [5]

Después de la prueba de dureza, el ensayo de tracción es realizado más frecuentemente para el control de calidad en las propiedades mecánicas de las varillas de construcción.



Figura 5.1 Máquina de tracción.

Los productos de acero laminados de acuerdo a la Norma **INEN 109**, deberán cumplir con las siguientes propiedades mecánicas:

- Resistencia a la fluencia: $S_{yp} = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- Resistencia a la tracción: $S_{ut} = 6300 \text{ Kg/cm}^2$
- Elongación: $\varepsilon = 15\%$

Si el material no alcanza los valores anteriores, el producto terminado se lo reporta como defectuoso y se lo reenvía como materia prima para una nueva fundición.

5.2.2 Ensayo de doblado. [6]

Este ensayo sirve para obtener una idea aproximada sobre el comportamiento del acero a la flexión o esfuerzo de doblado.

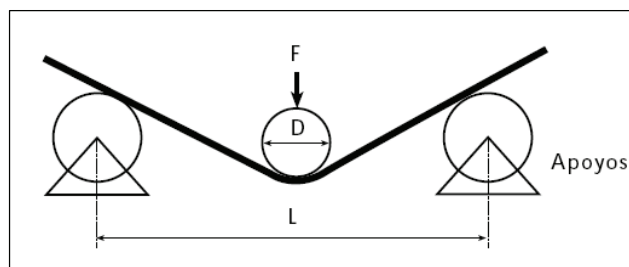


Figura 5.2 Esquema del ensayo de doblado.

El principal objetivo de éste ensayo es el de verificar visualmente que no se produzcan fisuras, grietas, pliegues, picaduras u otros defectos visibles que afecten las propiedades mecánicas en las varillas.

La presencia de roturas o fisuras en el acero determina, que durante su proceso de fabricación no se controlaron adecuadamente los componentes del acero, generando un producto propenso a la fractura.

5.2.3 Ensayo de dureza Brinell HBN (Hardness Brinell Number). [7]

El ensayo de dureza es simple, aporta valiosa información y causa un daño mínimo a la probeta. El instrumento a utilizar para medir la dureza es el Durómetro.

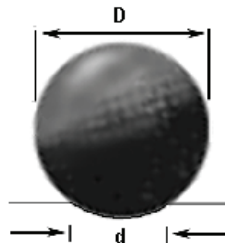


Figura 5.3 Identador de acero o carburo de tungsteno.

En este ensayo se mide el tamaño de la huella resultante, lo cual se relaciona con un número de dureza; cuanto más blando es el material, mayor y más profunda es la huella, y menor es el número de dureza.

El número de dureza Brinell (HB) es la razón de la carga en Kilogramos al área en milímetros cuadrados de la impresión y se calcula según la norma ASTM E 10-01 mediante la siguiente expresión matemática:

$$\text{HBN} = \frac{2P}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \quad (5.7)$$

Donde:

D = Diámetro del indentador (2.5 mm)

P = Carga = 30 D² = 30 X 2,5² = 187,5 Kgf. (1839N)

d = diámetro de la huella (mm)

5.2.4 Tabulación de datos.

Para realizar los diferentes ensayos mecánicos y metalúrgicos se tomo 9 varillas de diferentes diámetros y lotes, su selección fue aleatoria y se recopiló también varillas que la empresa recomendaba su análisis, ya que presentaban problemas en el ensayo de doblado.

- **Ensayo de tracción y de doblado.**

Los resultados del ensayo de tracción y doblado hechos en el laboratorio de tracción de Novacero se detallan en la Tabla 5.1. y 5.2 a continuación:

:

Lote:		LA002645			
Diámetro	%C. Eq.	Syp	Sut	Elongación	Ensayo de Doblado
		Kg/cm2	Kg/cm2	%	
VC8mm	0,52	4325,01	6598,32	27,43	Cumple
VC12mm	0,53	4248,84	6724,21	27,35	Cumple
VC16mm	0,5	4274,72	6623,12	27,5	Cumple

Tabla 5.1 Propiedades mecánicas del ensayo de tracción.

DATOS			%C. Eq.	Syp	Sut	Elongación	Ensayo de Doblado
Diámetros	Lote	Colada		Kg/cm2	Kg/cm2	%	
VC08mm	LA002870	90934	0,58	5252,35	7163,2	30	Se rompe
VC12mm	LA002893	62926	0,615	4814,68	7206,8	22,4	Se rompe
VC16mm	LA002888	10762	0,601	4415,19	6776,4	24	Cumple
VC12mm	LA002870	1260	0,58	4886,13	7653,33	24,82	Cumple
VC16mm	LA002870	1260	0,58	5182,12	7934,92	20	Cumple
VC25mm	LA002904	82719	0,575	4513,56	7136,9	19,2	Cumple

Tabla 5.2 Propiedades mecánicas del ensayo de tracción de otros lotes.

- **Ensayo de dureza brinell.**

Los valores que se muestran en de la Tabla 5.3, indican la dureza de las varillas:

DATOS		Diámetro (mm)				DUREZA
Lote	Colada	Ø	d1	d2	d. prom.	HB
LA002645	862013	8	1	1,05	1,025	217,24
		12	1,043	1,022	1,0325	213,95
		16	1,05	1,06	1,055	204,47
LA002870	90934	8	1,035	1	1,0175	220,61
		8	1,04	1,04	1,04	210,72
		8	1,05	1,06	1,055	204,47
		8	1,06	1,04	1,05	206,53
		8	1,06	1,04	1,05	206,53
		8	1,03	1,08	1,055	204,47
		8	1,06	1,08	1,06	202,45
LA002893	62926	12	0,98	0,97	0,975	241,19
		12	1,015	1,035	1,025	217,24
		12	1,015	1,02	1,0175	220,61
		12	1,02	1,035	1,0275	216,14
		12	1,04	1,02	1,03	215,04
		12	1,02	1,04	1,03	215,04
		12	1,005	1,04	1,0225	218,36
LA002888	10762	16	1,03	1,04	1,035	212,86
		16	1,085	1,02	1,0525	205,50
		16	1,035	1,085	1,06	202,45
		16	1,015	1,08	1,0475	207,56
		16	1,03	1,095	1,0625	201,45
		16	1,03	1,095	1,0625	201,45
		16	1,05	1,04	1,045	208,61
LA002870	1260	12	1,02	0,995	1,0075	225,22
LA002870	1260	16	1,02	0,995	1,0075	225,22
LA002904	82719	25	1	1,01	1,005	226,40

Tabla 5.3 Ensayo brinell.

- **Ensayo de composición química.**

El análisis químico del material determina en que porcentaje se encuentran los elementos luego de realizarse el proceso de fundición. El acero al carbono es esencialmente una aleación de hierro y carbono. La misma se expresa como porcentaje en peso de carbono.

Este ensayo se lo realizó en el espectrómetro de emisión óptica de la empresa, en la Tabla 5.5 se indica la composición química para los diferentes lotes:

ELEMENTO	LOTE				
	LA002645	LA002870	LA002893	LA002888	LA002904
C	0,39	0,334	0,39	0,409	0,331
Si	0,164	0,304	0,22	0,213	0,254
Mn	1,06	1,443	1,16	1,117	1,335
P	0,0165	0,014	0,019	0,008	0,016
S	0,0381	0,021	0,035	0,029	0,016
Ni	0,076	0,014	0,15	0,022	0,054
Cr	0,152	0,0255	0,16	0,019	0,072
Mo	0,016	0,0005			0,008
Cu	0,209	0,02	0,34	0,111	0,215
Sn	0,011	0,00085	0,07	0,013	0
Al	0,008	0,012		0,005	0,014
Nb	0	0,033			0,030
As	0,0035	0,00205			0,001
Ti	0,0014	0,00245			0,003
V	0,002	0,0055			0,002
B	0,0007	0,0005			0,001
Pb	0,0005	0			0
Sb	0	0			0,002
N	0,004	0,00585			0,003
Fe	97	97,76	97,5	98	97,6

Tabla 5.4 Análisis químico según espectrómetro.

5.3 Ensayos metalúrgicos.

5.3.1 Introducción.

Los ensayos metalúrgicos determinan las características internas del material. Los principales ensayos son:

- Inclusiones.
- Tamaño de Grano.
- Porcentaje de Fases.



Figura 5.4 Probetas para ensayos metalúrgicos

5.3.2 Medición del tamaño de grano y porcentaje de fase. [8]

- **Medición del tamaño de grano.**

El tamaño de los granos en una pieza colada esta determinado por la relación entre la rapidez de crecimiento G y la rapidez de nucleación N . Si el número de núcleos formado es alto se produce un material de grano fino, y si solo se forman pocos núcleos se forma un material de grano grueso. La rapidez de enfriamiento es el factor más importante para determinar la rapidez de nucleación y, por tanto el tamaño de grano.

En general, los materiales de grano fino muestran mejor tenacidad o resistencia al impacto; a demás son más duros y fuertes que los materiales de grano grueso, para el análisis de tamaño de grano se utilizó el método de intersección.

Este método utiliza la expresión matemática siguiente:

$$L = \frac{x(\mu\text{m})[\text{según ampliación}]}{\# \text{ de granos}} \quad (5.9)$$

Donde: la longitud de la línea en milímetros, dividida entre el número promedio de granos intersecados por ella, da la longitud de intercepción promedio o “diámetro” de grano.

Según la norma ASTM E112-63 el número de grano se calcula mediante la siguiente ecuación:

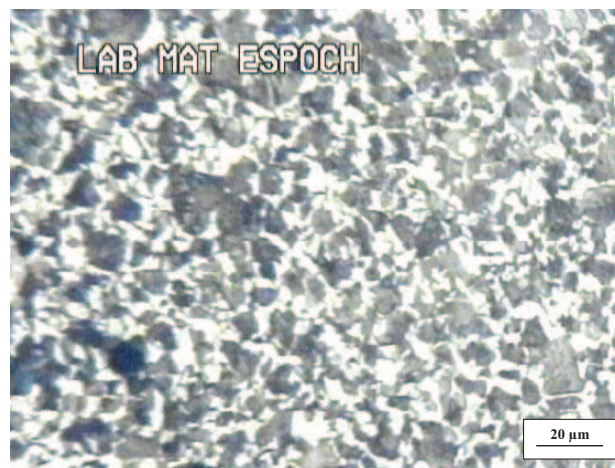
$$[G] = 10 - 6.6439 \log \left(\frac{L}{10} \right) \quad (5.10)$$

- **Porcentaje de fases en un acero hipoeutectoide.**

Para realizar éste análisis se debe tener en cuenta que el enfriamiento de las varillas ocurre fuera del equilibrio y el punto eutecoide cambia hacia un contenido de carbono mas bajo en los aceros Hipoeutectoides, para un normalizado (enfriamiento en aire quieto hasta temperatura ambiente).

5.3.2.1 Experimentación.

- **Varilla corrugada $\varnothing = 8\text{mm}$ del lote LA002645.**
- a) **Porcentaje de ferrita y perlita.**



Nital al 2%

Ampliación original 20 X

Figura 5.5 Microestructura de una varilla de $\varnothing=8\text{ mm}$, en la cual se observa perlita laminar dentro de una matriz ferrítica equiaxial.

$$\text{Área total} = 466.17$$

$$\text{Área de perlita (zonas oscuras)} = 278.8$$

Entonces:

$$\text{Perlita: } p = \frac{278.8}{466.17} \times 100\% = 59.6\%$$

$$\text{Ferrita: } \alpha = 100 - 59.6 = 40.4\%$$

b) Análisis por Intersección.

Para éste método se toma la fotografía de la microestructura con una ampliación que muestre en lo posible una mayor cantidad de granos (Figura 5.7).

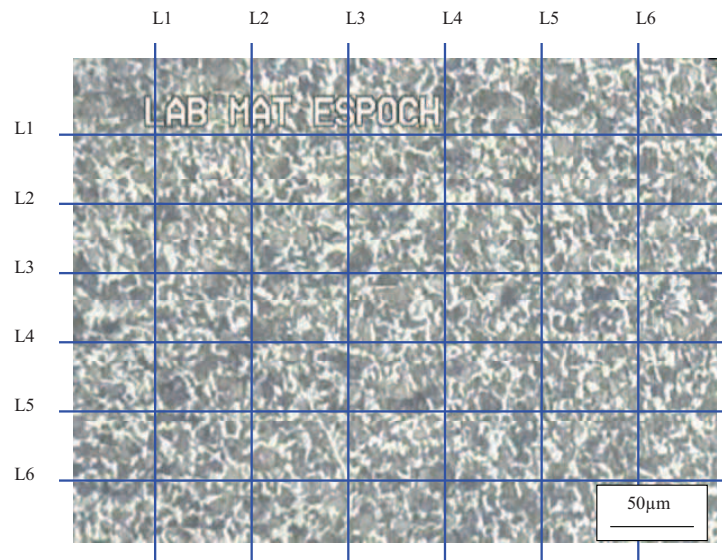


Figura 5.6 Método de intersección ($\varnothing = 8\text{mm}$).

El número de granos que intersecan con las líneas horizontales y verticales así como el promedio se registran en la Tabla 5.6

Línea Horizontal	# Granos	Línea Vertical	# Granos
L1	29	L1	17
L2	29	L2	19
L3	30	L3	17
L4	28	L4	15
L5	27	L5	16
L6	25	L6	20
G. Promedio	28	G. Promedio	17,33

Tabla 5.5 Número de granos intersecados ($\varnothing = 8\text{mm}$).

El diámetro de grano se calcula considerando longitudes de 412 μm (Horizontal) y 314 μm (Vertical). Utilizando la expresión (5.9) se tienen los siguientes resultados:

$$L_G = \frac{412}{28} = 14.71 \text{ (Horizontal)}$$

$$L_G = \frac{314}{17.333} = 18.11 \text{ (Vertical)}$$

$$L_{G_{\text{PROMEDIO}}} = 16.415$$

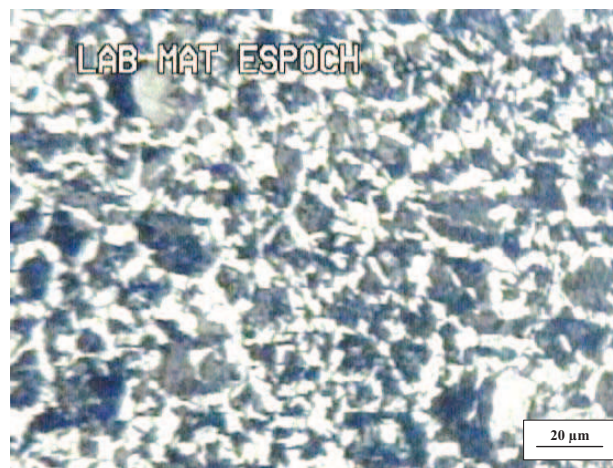
El tamaño de grano ASTM según (5.10) es:

$$[G] = 10 - 6.6439 \log \frac{16.41}{10}$$

$$[G] = 8,56$$

- Varilla corrugada de $\varnothing = 12\text{mm}$ del lote LA002645.

a) Porcentaje de ferrita y perlita.



Nital al 2%

Ampliación original 20 X

Figura 5.7 Microestructura de una varilla de $\varnothing = 12\text{ mm}$, en la cual se observa una parte de perlita laminar y bainita plumosa dentro de una matriz ferrítica que en algunos casos se introduce en la perlita.

$$\text{Área total} = 466.17$$

$$\text{Área de perlita (zonas oscuras)} = 275.71$$

Entonces:

$$\text{Perlita: } p = \frac{265.71}{466.17} \times 100\% = 56.9$$

$$\text{Ferrita: } \alpha = 100 - 56.9 = 43$$

b) Análisis por Intersección.

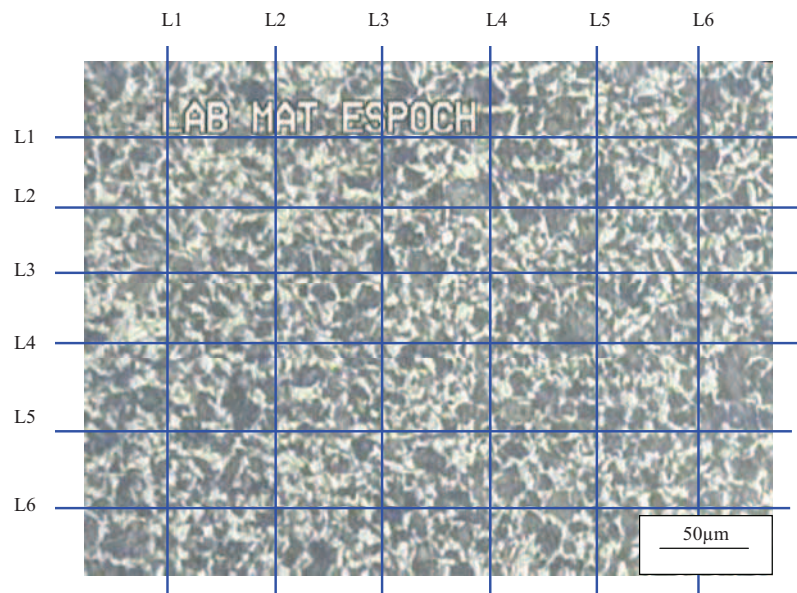


Figura 5.8 Método de intersección ($\varnothing = 12\text{mm}$).

Línea Horizontal	# Granos	Línea Vertical	# Granos
L1	26	L1	22
L2	22	L2	21
L3	25	L3	21
L4	23	L4	21
L5	22	L5	22
L6	23	L6	19
G. Promedio	23,5	G. Promedio	21

Tabla 5.6 Número de granos intersecados ($\varnothing = 12\text{mm}$).

Cálculo de la longitud de intersección promedio:

$$L_G = \frac{412}{23.5} = 17.53 \text{ (Horizontal)}$$

$$L_G = \frac{314}{21} = 14.95 \text{ (Vertical)}$$

$$L_{G\text{PROMDIO}} = 16.24$$

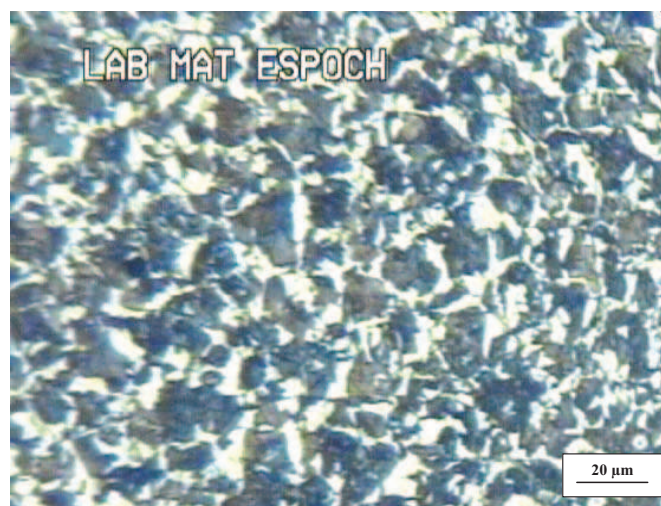
El tamaño de grano ASTM según (5.10) es:

$$[G] = 10 - 6.6439 \log \frac{16.24}{10}$$

$$[G] = 8,6$$

- Varilla corrugada de $\varnothing = 16\text{mm}$ del lote LA002645.

a) Porcentaje de ferrita y perlita.



Nital al 2%

Ampliación original 20 X

Figura 5.9 Microestructura de una varilla de $\varnothing = 16\text{ mm}$, en la cual se observa una matriz de ferrita equiaxial que rodea a la perlita laminar.

$$\text{Área total} = 466.17$$

$$\text{Área de perlita (zonas oscuras)} = 269.64$$

Entonces:

$$\text{Perlita: } p = \frac{269.64}{466.17} \times 100\% = 57.79$$

$$\text{Ferrita: } \alpha = 100 - 57.79 = 42.2$$

b) Análisis por Intersección.

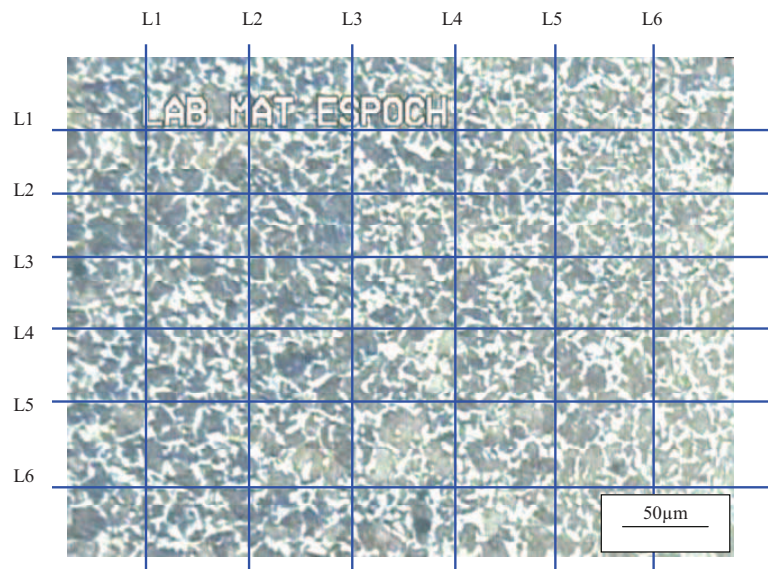


Figura 5.10 Método de intersección ($\varnothing = 16\text{mm}$).

Línea Horizontal	# Granos	Línea Vertical	# Granos
L1	28	L1	20
L2	25	L2	18
L3	24	L3	17
L4	24	L4	22
L5	23	L5	20
L6	23	L6	18
G. Promedio	24,5	G. Promedio	19,16

Tabla 5.7 Número de granos intersecados ($\varnothing = 16\text{mm}$).

Calculo de la longitud de intersección promedio:

$$L_G = \frac{412}{24.5} = 16.81 (\text{Horizontal})$$

$$L_G = \frac{314}{19.17} = 16.37 (\text{Vertical})$$

$$L_{G\text{PROMDIO}} = 16.59$$

El tamaño de grano ASTM según (5.10) es:

$$[G] = 10 - 6.6439 \log \frac{16.59}{10}$$

$$[G] = 8,53$$

Tamaño de grano en probetas de diversos lotes

- Varilla $\varnothing = 8\text{mm}$ - Lote LA002870

a) Porcentaje de ferrita y perlita.



Nital al 2%

Ampliación original 20 X

Figura 5.11 Microestructura de una varilla de $\varnothing=8$ mm, en la cual se observa una combinación de perlita laminar y bainita superior o plumosa dentro de una matriz ferrítica alotriomórfica.

$$\text{Área total} = 466.17$$

$$\text{Área de perlita (zonas oscuras)} = 276.3$$

Entonces:

$$\text{Perlita: } p = \frac{276.3}{466.17} \times 100\% = 59.3$$

$$\text{Ferrita: } \alpha = 100 - 59.3 = 40.7$$

b) **Análisis por Intersección.**

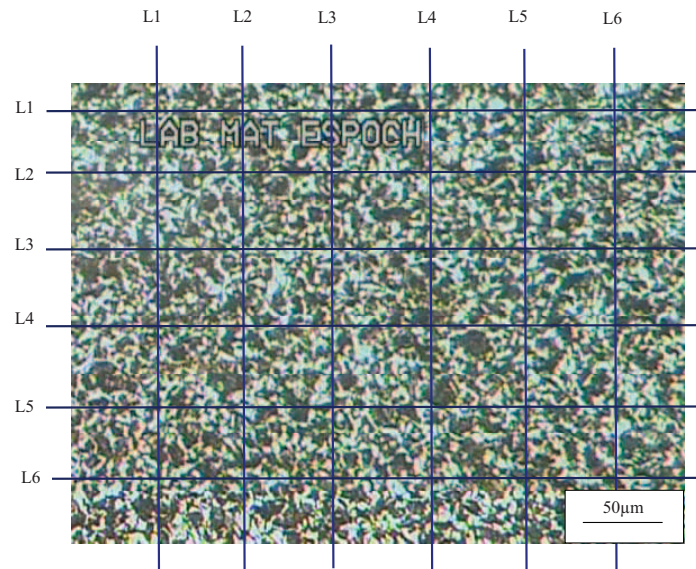


Figura 5.12 Método de intersección ($\varnothing = 8\text{mm}$).

Línea Horizontal	# Granos	Línea Vertical	# Granos
L1	37	L1	23
L2	34	L2	24
L3	31	L3	24
L4	31	L4	27
L5	31	L5	29
L6	31	L6	26
G. Promedio	32,5	G. Promedio	25,5

Tabla 5.8 Número de granos intersecados ($\varnothing = 8\text{mm}$).

Cálculo de la longitud de intersección promedio:

$$L_G = \frac{412}{32.5} = 12.67 \text{ (Horizontal)}$$

$$L_G = \frac{314}{25.5} = 12.31 \text{ (Vertical)}$$

$$L_{G\text{PROMDIO}} = 12.495$$

El tamaño de grano ASTM según (5.10) es:

$$[G] = 10 - 6.6439 \log \frac{12.495}{10}$$

$$[G] = 9.35$$

- Varilla $\varnothing = 12\text{mm}$ - Lote LA002893

a) Porcentaje de ferrita y perlita.



Nital al 2%

Ampliación original 20 X

Figura 5.13 Microestructura de una varilla de $\varnothing = 12\text{ mm}$, en la cual se observa ferrita alotrópica que se introducen en la perlita en forma de placas.

$$\text{Área total} = 466.17$$

$$\text{Área de perlita (zonas oscuras)} = 302.4$$

Entonces:

$$\text{Perlita: } p = \frac{302.4}{466.17} \times 100\% = 64.8$$

$$\text{Ferrita: } \alpha = 100 - 64.8 = 35.2$$

b) **Análisis por Intersección**

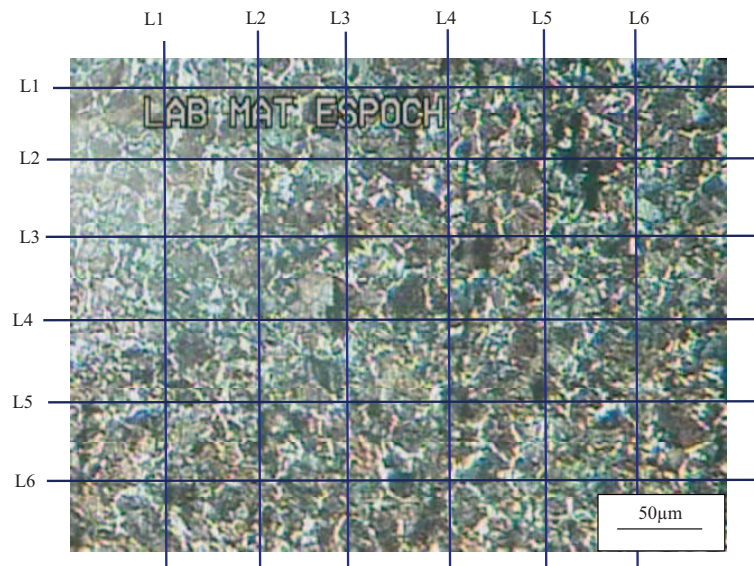


Figura 5.14 Método de intersección ($\varnothing = 12\text{mm}$).

Líneas Horizontal	# Granos	Líneas Vertical	# Granos
L1	17	L1	11
L2	16	L2	9
L3	16	L3	8
L4	14	L4	11
L5	13	L5	8
L6	11	L6	11
G. Promedio	14,5	G. Promedio	9,66

Tabla 5.9 Número de granos intersecados ($\varnothing = 12\text{mm}$).

Cálculo de la longitud de intersección promedio:

$$L_G = \frac{412}{14.5} = 28.41(\text{Horizontal})$$

$$L_G = \frac{314}{9.666} = 32.48(\text{Vertical})$$

$$L_{G\text{PROMDIO}} = 30.44$$

El tamaño de grano ASTM según (5.10) es:

$$[G] = 10 - 6.6439 \log \frac{13.47}{10}$$

$$[G] = 6.78$$

- Varilla $\varnothing = 16$ mm – Lote LA002888

a) Porcentaje de ferrita y perlita.



Nital al 2%

Ampliación original 20 X

Figura 5.15 Microestructura de una varilla de $\varnothing = 16$ mm, en la cual se observa ferrita proeutectoide que rodea las áreas perlíticas y crece en el límite de grano y en algunos casos se mete en la perlita laminar.

$$\text{Área total} = 466.17$$

$$\text{Área de perlita (zonas oscuras)} = 311.67$$

Entonces:

$$\text{Perlita: } p = \frac{311.67}{466.17} \times 100\% = 66.85$$

$$\text{Ferrita: } \alpha = 100 - 64.8 = 33.14$$

b) **Análisis por Intersección**

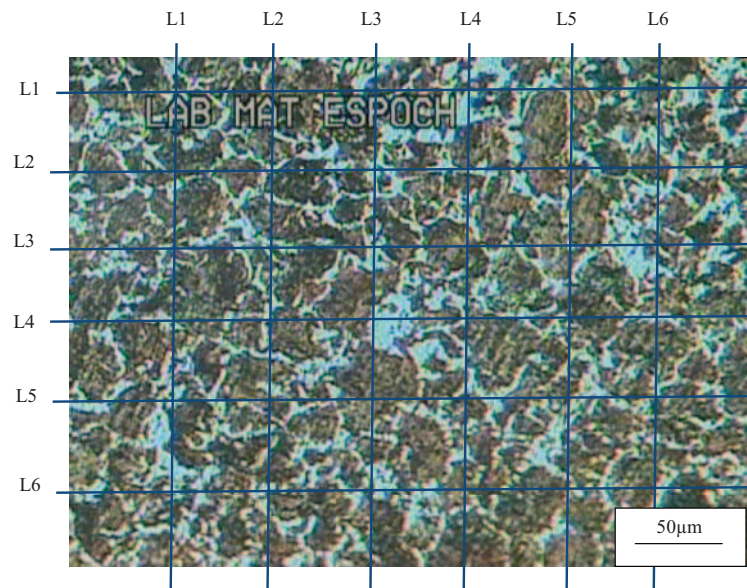


Figura 5.16 Método de intersección ($\varnothing = 16\text{mm}$).

Líneas Horizontal	# Granos	Líneas Vertical	# Granos
L1	14	L1	10
L2	12	L2	11
L3	13	L3	11
L4	13	L4	10
L5	12	L5	10
L6	11	L6	11
G. Promedio	12,5	G. Promedio	10,5

Tabla 5.10 Número de granos intersecados ($\varnothing = 16\text{mm}$).

Cálculo de la longitud de intersección promedio:

$$L_G = \frac{412}{12.5} = 32.96 \text{ (Horizontal)}$$

$$L_G = \frac{314}{10.5} = 29.90 \text{ Vertical)}$$

$$L_{G\text{PROMDIO}} = 31.43$$

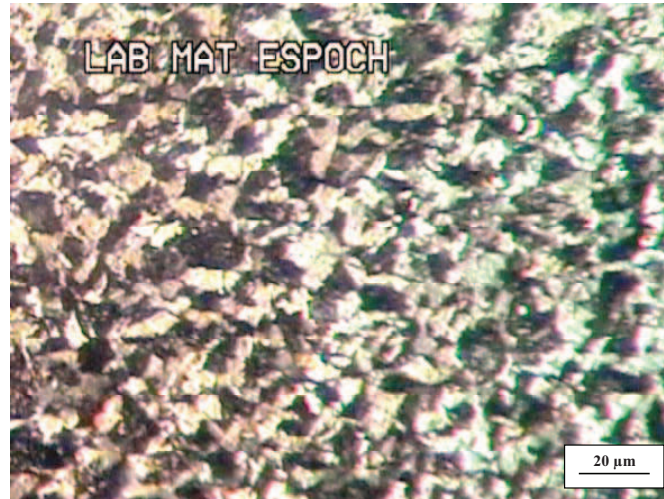
El tamaño de grano ASTM según (5.10) es:

$$[G] = 10 - 6.6439 \log \frac{31.43}{10}$$

$$[G] = 6.69$$

- Varilla $\varnothing = 12\text{mm}$ – Lote LA002870

a) Porcentaje de ferrita y perlita.



Nital al 2%

Ampliación original 20 X

Figura 5.17 Microestructura de una varilla de $\varnothing = 12\text{ mm}$, en la cual se observa perlita laminar que tiende a ser en algunos casos bainita plumosa dentro de una matriz ferrítica equiaxial.

$$\text{Área total} = 466.17$$

$$\text{Área de perlita (zonas oscuras)} = 275.72$$

Entonces:

$$\text{Perlita: } p = \frac{275.72}{466.17} \times 100\% = 59.14$$

$$\text{Ferrita: } \alpha = 100 - 59.14 = 40.86$$

b) **Análisis por Intersección.**

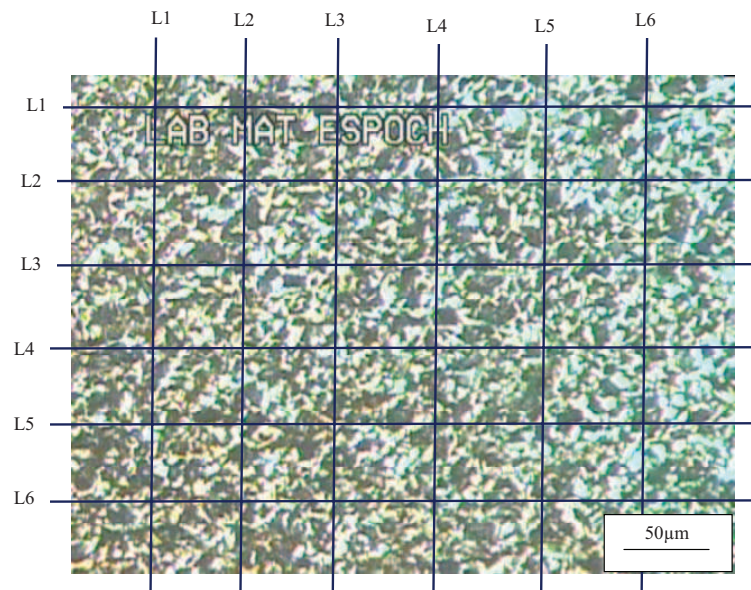


Figura 5.18 Método de intersección ($\varnothing = 12\text{mm}$).

Líneas Horizontal	# Granos	Líneas Vertical	# Granos
L1	30	L1	28
L2	33	L2	26
L3	33	L3	25
L4	35	L4	29
L5	29	L5	27
L6	32	L6	26
G. Promedio	32	G. Promedio	26,83

Tabla 5.11 Número de granos intersecados ($\varnothing = 12\text{mm}$).

Cálculo de la longitud de intersección promedio:

$$L_G = \frac{412}{32} = 12.875 \text{ (Horizontal)}$$

$$L_G = \frac{314}{26.83} = 11.70 \text{ (Vertical)}$$

$$L_{G\text{PROMDIO}} = 12.28$$

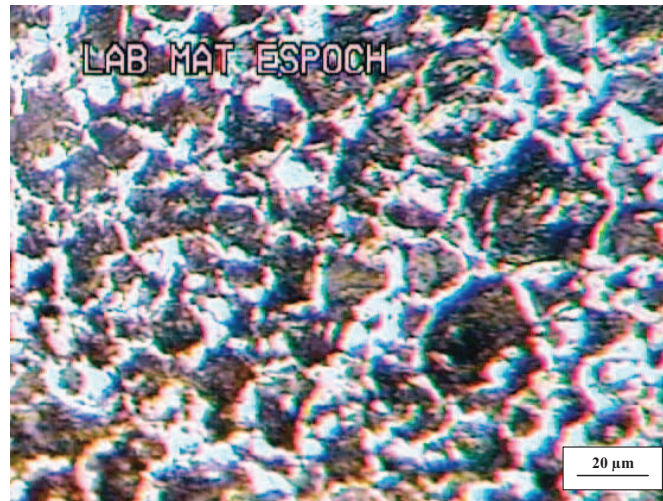
El tamaño de grano ASTM según (5.10) es:

$$[G] = 10 - 6.6439 \log \frac{12.28}{10}$$

$$[G] = 9.4$$

- Varilla $\varnothing=16\text{mm}$ - Lote LA002870

a) Porcentaje de ferrita y perlita.



Nital al 2%

Ampliación original 20 X

Figura 5.19 Microestructura de una varilla de $\varnothing=16\text{ mm}$, en la cual se observa ferrita proeutectoide que rodea a la perlita laminar en el límite de grano, también se observa que la ferrita aparece en forma de láminas dentro de la perlita.

$$\text{Área total} = 466.17$$

$$\text{Área de perlita (zonas oscuras)} = 281.35$$

Entonces:

$$\text{Perlita: } p = \frac{281.35}{466.17} \times 100\% = 60.4$$

$$\text{Ferrita: } \alpha = 100 - 61.4 = 39.6$$

b) **Análisis por Intersección**

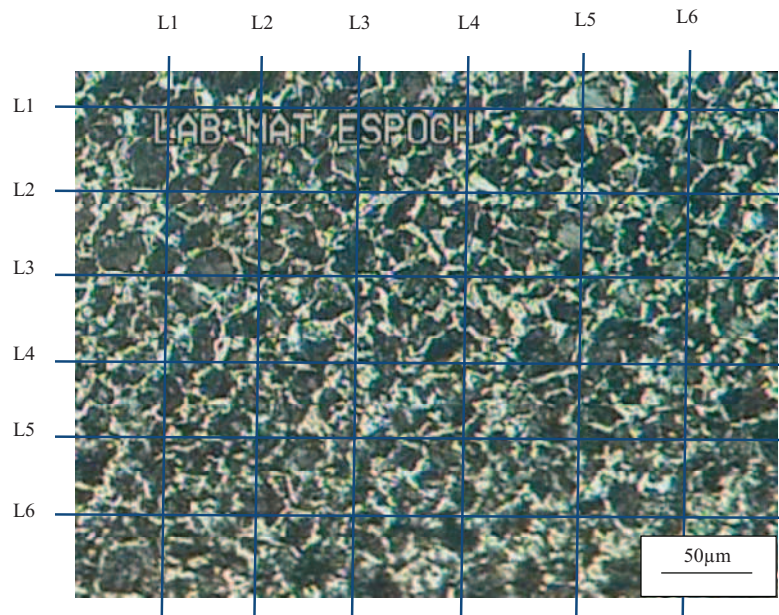


Figura 5.20 Método de intersección ($\varnothing = 16\text{mm}$).

Líneas Horizontal	# Granos	Líneas Vertical	# Granos
L1	16	L1	15
L2	17	L2	16
L3	16	L3	13
L4	17	L4	14
L5	15	L5	13
L6	19	L6	13
G. Promedio	16,66667	G. Promedio	14

Tabla 5.12 Número de granos intersecados ($\varnothing = 16\text{mm}$).

Cálculo de la longitud de intersección promedio:

$$L_G = \frac{412}{16.66} = 24.72 \text{ (Horizontal)}$$

$$L_G = \frac{314}{14} = 22.428 \text{ (Vertical)}$$

$$L_{G\text{PROMDIO}} = 23.57$$

El tamaño de grano ASTM según (5.10) es:

$$[G] = 10 - 6.6439 \log \frac{23.57}{10}$$

$$[G] = 7.52$$

- Varilla $\varnothing=25\text{mm}$ - Lote LA002904

a) Porcentaje de ferrita y perlita.



Nital al 2%

Ampliación original 20 X

Figura 5.21 Microestructura de una varilla de $\varnothing=25\text{ mm}$, en la cual se observa la ferrita que rodea a la perlita en el limite de grano, en algunos casos se observa ferrita acicular que se introduce en la perlita.

$$\text{Área total} = 466.17$$

$$\text{Área de perlita (zonas oscuras)} = 297.1$$

Entonces:

$$\text{Perlita: } p = \frac{297.1}{466.17} \times 100\% = 63.7$$

$$\text{Ferrita: } \alpha = 100 - 63.7 = 36.3$$

b) **Análisis por Intersección.**

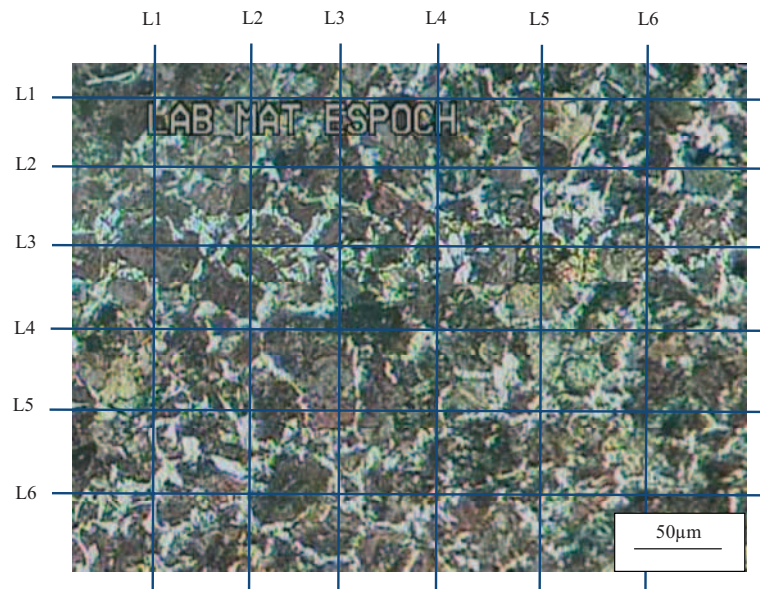


Figura 5.22 Método de intersección ($\varnothing = 25\text{mm}$).

Línea Horizontal	# Granos	Línea Vertical	# Granos
L1	13	L1	11
L2	13	L2	13
L3	13	L3	12
L4	12	L4	13
L5	12	L5	13
L6	13	L6	11
G. Promedio	12,666667	G. Promedio	12,166667

Tabla 5.13 Número de granos intersecados ($\varnothing = 25\text{mm}$).

Calculo de la longitud de intersección promedio:

$$L_G = \frac{412}{12.666} = 32.528 (\text{Horizontal})$$

$$L_G = \frac{314}{12.166} = 25.80 (\text{Vertical})$$

$$L_{G\text{PROMDIO}} = 29.17$$

El tamaño de grano ASTM según (5.10) es:

$$[G] = 10 - 6.6439 \log \frac{29.17}{10}$$

$$[G] = 6.91$$

5.3.3 Análisis de inclusiones. [9]

El análisis de inclusiones se realizó según la norma ASTM E 45 – 97, por el método A, la cual las clasifica en 4 tipos: *Sulfuros (A)*, *Alúmina (B)*, *Silicatos (C)* y *Óxidos globulares (D)*.

En la Figura 5.23 se presenta una parte de la clasificación morfológica que realiza la norma ASTM E 45 – 97.

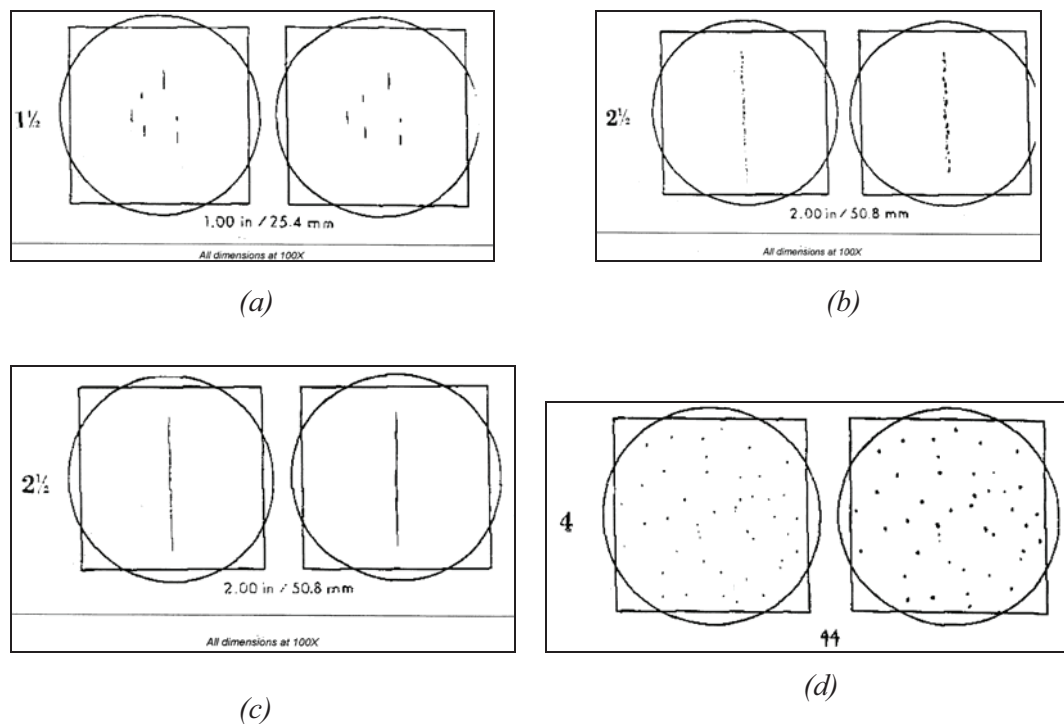


Figura 5.23 Inclusiones tipo: (a) Sulfuros A 1½, (b) Alumina B 2½, (c) Silicatos C 2½ y (d) Óxidos globulares D4.

A continuación se muestra las imágenes más relevantes luego de realizar el barrido por cada una de las muestras:

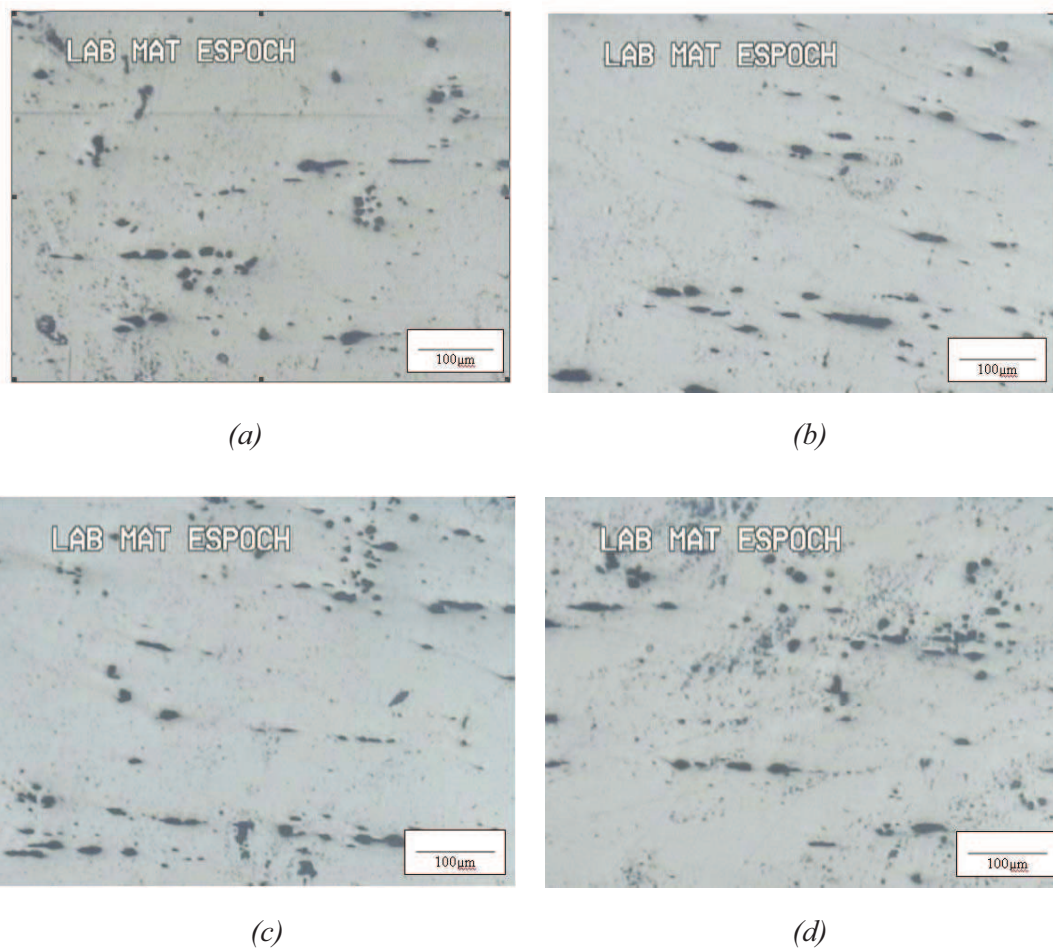


Figura 5.24 Inclusiones observadas en una varilla de 16 mm de diámetro – lote

2645. Ampliación original 5X.

En la Figura 5.24 (a), (b), (c) y (d) se puede observar una combinación de inclusiones tipo sulfuros A3 de tamaño grueso y óxidos D1 de tamaño grandes.

En la Tabla 5.15 se detalla el tamaño de las inclusiones encontradas para la varilla de 16 mm del lote 2645.

TIPO Y TAMAÑO(μm) DE INCLUSIONES					
varilla Ø(mm)	FIGURA	A SULFUROS	B ALUMINA	C SILICATOS	D OXIDOS
16	5.23a	152			10
	5.23b	90			11
16	5.23c	150			21
	5.23d	168			16

Tabla 5.14 Tipo y tamaño (μm) de inclusiones.

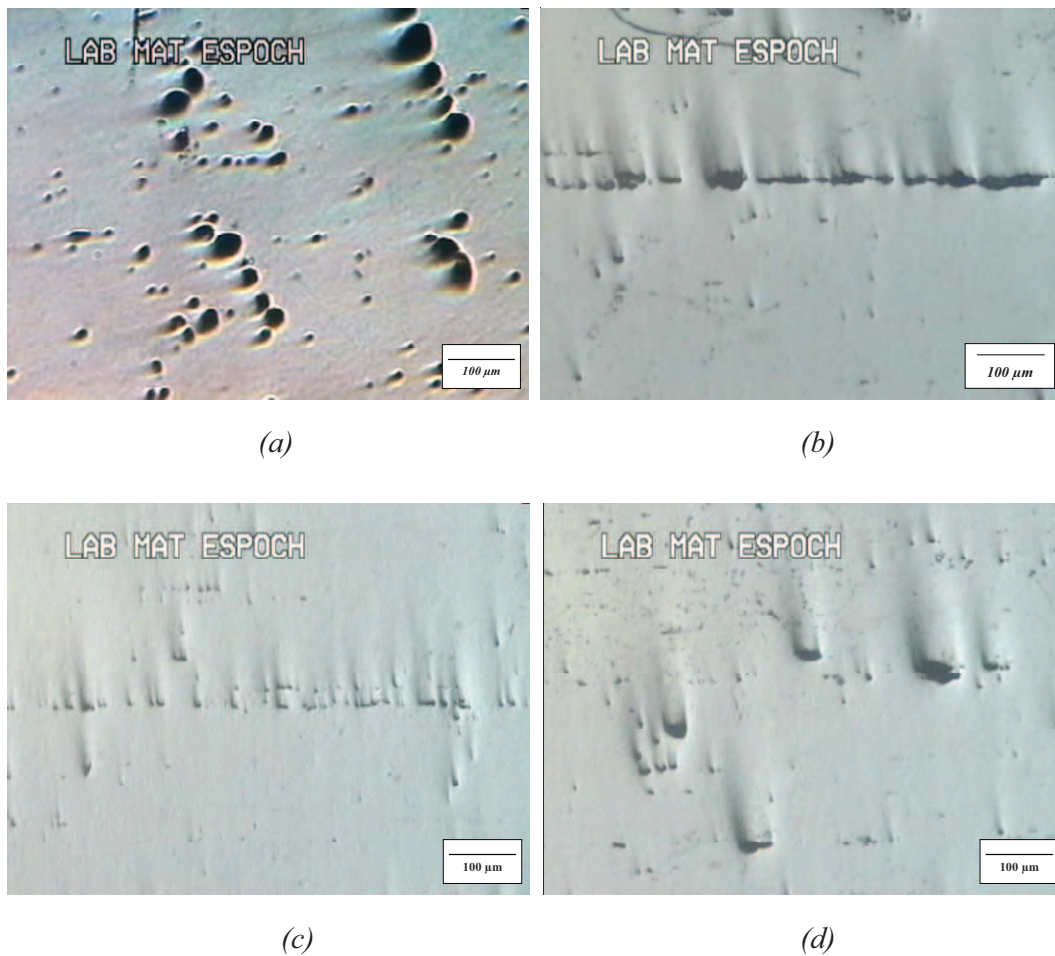


Figura 5.25. Inclusiones observadas en una varilla de 8 mm de diámetro - lote 2870. Ampliación original 5X.

En la Figura 5.25 (a) se puede observar inclusiones tipo óxidos D5 de tamaño grande y D3 de tamaño pequeño, en (b) se observa inclusiones tipo silicato C2½ de gran tamaño y óxidos D2½ delgados, en (c) se observa inclusiones tipo alumina B3 de tamaño delgado y una pequeña cantidad de óxidos D1½ y en (d) se observa inclusiones tipo sulfuro A1½ de gran tamaño combinado con óxidos D4 delgados.

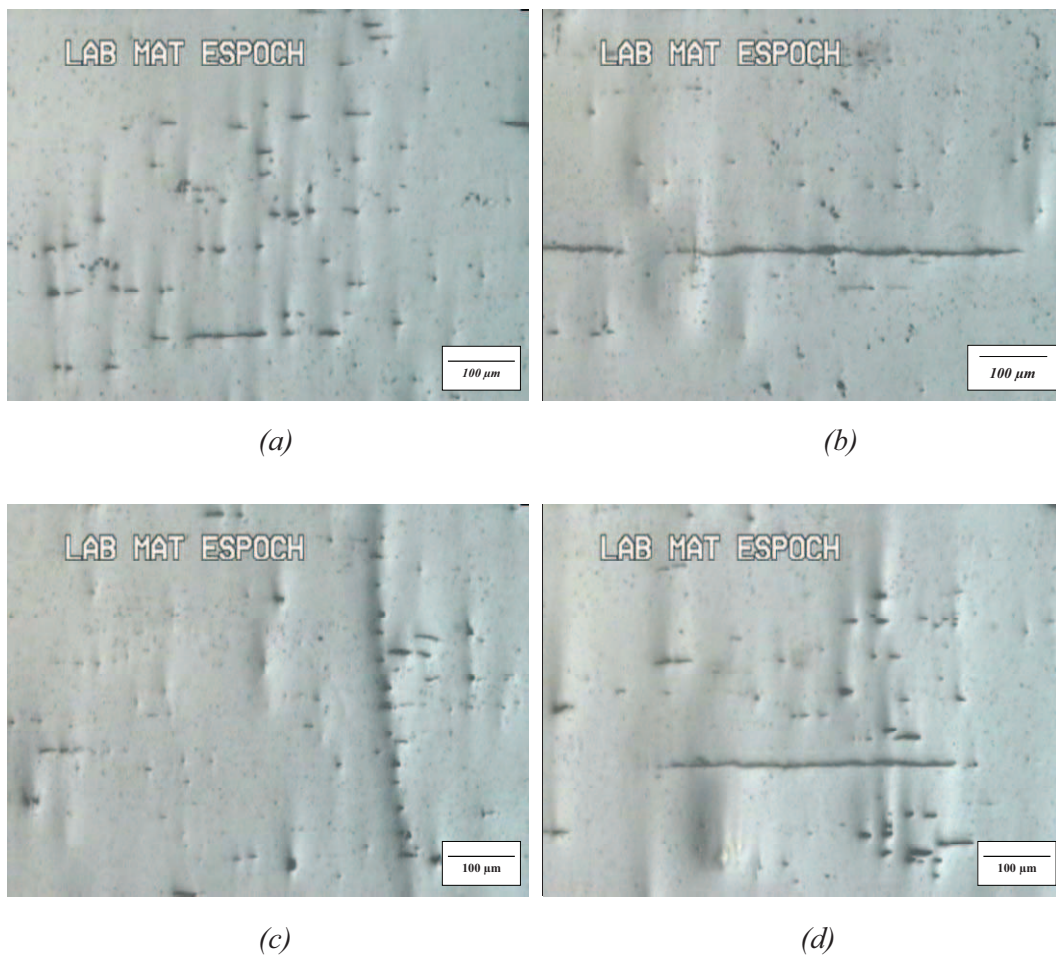


Figura 5.26. Inclusiones observadas en una varilla de 12 mm de diámetro - lote 2893. Ampliación original 5X.

En la Figura 5.26 (a) se puede observar una combinación de inclusiones tipo sulfuros A3 de tamaño grueso y óxidos D4 de tamaño delgado, en (b) se observa de igual manera una combinación de inclusiones tipo Silicatos C2½ de tamaño grueso y óxidos D3 delgados, en (c) se observa inclusiones tipo alumina B2½ y óxidos D4 delgados y en (d) se observa de igual manera una combinación de inclusiones tipo Silicatos C2½ de tamaño grueso, sulfuros A1½ y óxidos D3 delgados.

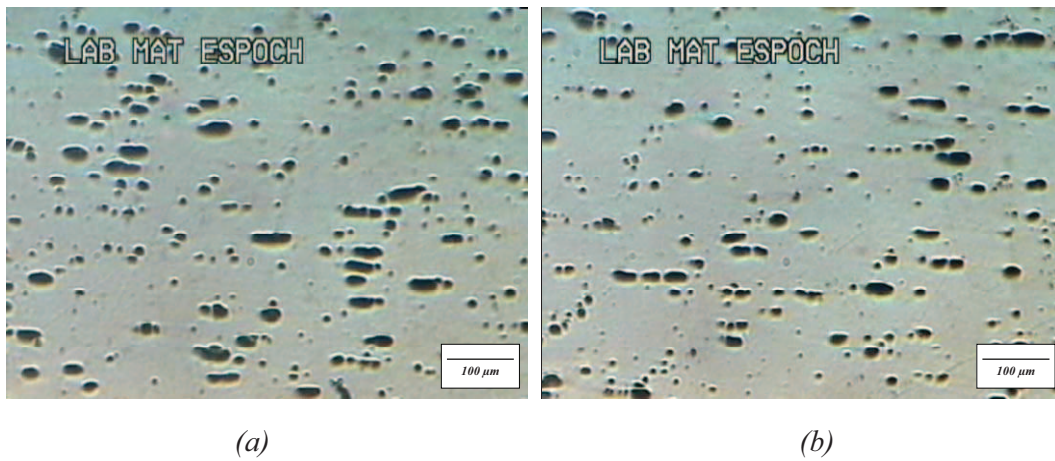


Figura 5.27. Inclusiones observadas en una varilla de 16 mm de diámetro - lote 2888. Ampliación original 5X.

En la Figura 5.27 (a) y (b) se puede observar una combinación de inclusiones tipo sulfuros A2 y óxidos D5 de tamaño grande.

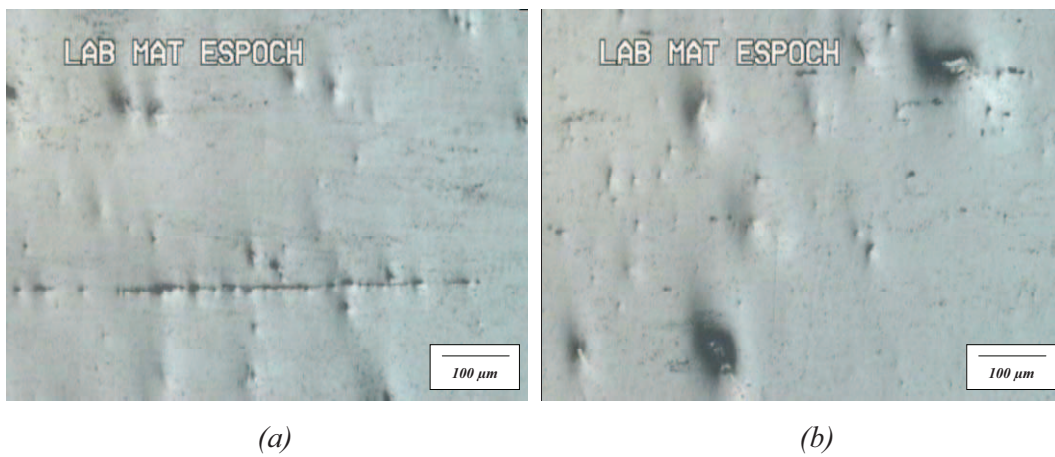


Figura 5.28. Inclusiones observadas en una varilla de 12 mm de diámetro - lote 2870. Ampliación original 5X.

En la Figura 5.28 (a) se puede observar inclusiones tipo silicatos C2½ de tamaño grande acompañada de óxidos globulares D2½ y en (b) se observa óxidos tipo D3 gruesos.

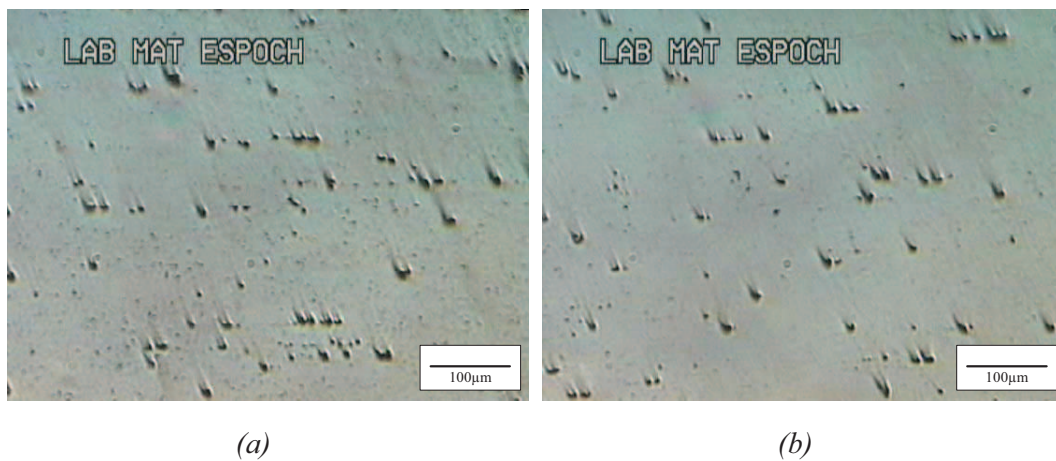


Figura 5.29. Inclusiones observadas en una varilla de 16 mm de diámetro - lote 2870. Ampliación original 5X.

En la Figura 5.29 (a) y (b) se puede observar inclusiones de tipo óxidos globulares D4 delgados y gruesos.

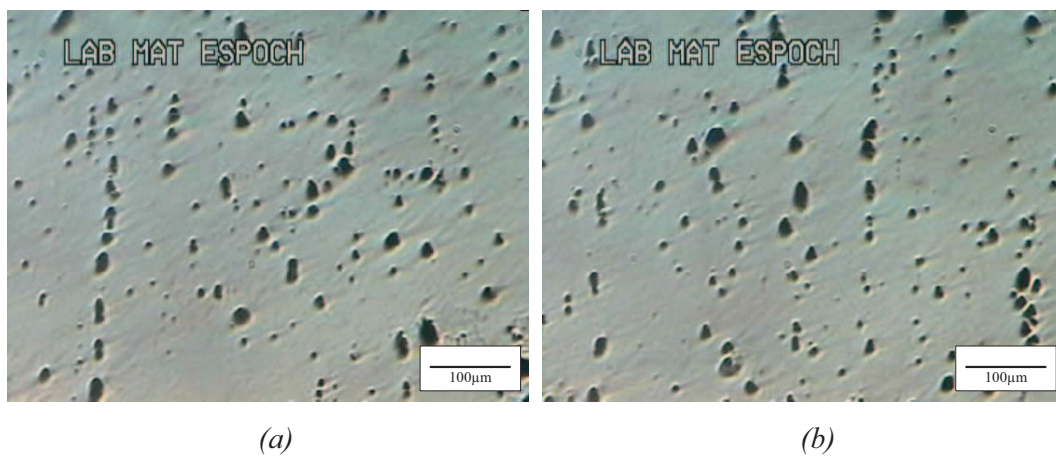


Figura 5.30. Inclusiones observadas en una varilla de 25 mm de diámetro - lote 2904. Ampliación original 5X.

En la Figura 5.30 (a) se puede observar una combinación de inclusiones tipo sulfuros A2½ de tamaño grande y óxidos globulares D4 y en (b) se observa óxidos D4 gruesos.

En la Tabla 5.14 se detalla el tamaño y el tipo de inclusión para el resto de fotografías que resta analizar:

TIPO Y TAMAÑO(μm) DE INCLUSIONES					
\emptyset VARILLA (mm)	FIGURA	A SULFUROS	B ALUMINA	C SILICATOS	D OXIDOS
8	5.24a				42
	5.24b			500	5
	5.24c		600		4
	5.24d	50			54
12	5.25a	270			8
	5.25b			500	5
	5.25c		450		5
	5.25d	50		430	8
16	5.26a	58			25
	5.26b	50			30
12	5.27a			516	19
	5.27b				58
16	5.28a				15
	5.28b				15
25	5.29a	375			26
	5.29b				32

Tabla 5.15 Tipo y tamaño (μm) de inclusiones en distintos lotes.

De la Tabla 5.15 y 5.16 se puede observar que existen inclusiones tipo A(Sulfuros), B(Alumina), C(Silicatos) y tipo D(óxidos globulares), los cuales persisten en todos las microestructuras, es por ello que se realiza una comparación del diámetro de las inclusiones tipo D con la tabla 5.17 tomada de la norma ASTM E 45-97.

PARAMETROS EN EL DIAMETRO DE INCLUSIONES			
TIPO	SERIE	RANGO	
D	Delgada	2	8
	Gruesa	9	13
	Muy Gruesa	14	25
	Extra Gruesa	26	38
	Extremadamente gruesa	39	50

Tabla 5.16 Parámetros en el diámetro de inclusiones.

Según la Tabla 5.17 las muestras presentan inclusiones tipo D (óxidos globulares) con las siguientes denominaciones:

Ø VARILLA (mm)	LOTE	DENOMINACION	Ø INCLUSION (µm)
16	2645	Muy gruesa	21
8	2870	Extremadamente gruesa	50
12	2893	Gruesa	8
16	2888	Extra gruesa	30
12	2870	Extremadamente gruesa	58
16	2870	Muy Gruesa	15
25	2904	Extra gruesa	32

Tabla 5.17 Diámetro y denominación de las inclusiones tipo D.

En la Tabla 5.19 se presenta un resumen de los ensayos mecánicos y metalúrgicos realizados, en la cual se señala las varillas con problemas en el ensayo de doblado.

Ø	ENSAYO	TRACCION		DUREZA HB	COMPOSICION QUIMICA				GRANO ASTM	PORCENTAJE FERRITA PERLITA		INCLUSIONES				FASE MICROSTRUCTURAL		
		Syp	Sut		C	Si	Mn	P		S	A	B	C	D	A	B	C	D
8	2645	4325,01	6598,32	217,24	0,39	0,16	1,06	0,02	0,04	8,56	40,4	59,6	A3				D1	Perlita laminar dentro de una matriz ferrítica equiaxial
12	2645	4248,84	6724,21	213,95	0,39	0,16	1,06	0,02	0,04	8,6	43	56,9	168				21	Perlita laminar y bainita plumosa dentro de una matriz ferrítica que se introduce en la perlita
16	2645	4274,72	6623,12	204,47	0,39	0,16	1,06	0,02	0,04	8,53	42,2	57,79	Grueso				Grueso	Matriz de ferrita equiaxial que rodea a la perlita laminar
8	2870	5252,35	7163,2	220,61	0,33	0,3	1,44	0,01	0,02	9,35	40,7	59,3	A1½	B3	C2½	D5		Perlita laminar y bainita superior o plumosa dentro de una matriz ferrítica alotriomórfica
12	2893	4814,68	7206,8	241,19	0,39	0,22	1,16	0,02	0,04	6,78	35,2	64,8	A3	B2½	C2½	D4		Ferrita alotriomórfica que se introducen en la perlita en forma de placas
16	2888	4415,19	6776,4	212,86	0,41	0,21	1,12	0,01	0,03	6,69	33,14	66,85	A2			D5		Ferrita proeutectoide que rodea la perlíticas y crece en el límite de grano y en algunos casos se mete en la perlita laminar
12	2870	4886,13	7653,33	225,22	0,33	0,3	1,44	0,01	0,02	9,4	40,86	59,14			C2½	D3		Perlita laminar que tiende ha ser en algunos casos bainita plumosa dentro de una matriz ferrítica equiaxial
16	2870	5182,12	7934,92	225,22	0,33	0,3	1,44	0,01	0,02	7,52	39,6	60,4				Grueso		Ferrita proeutectoide que rodea a la perlita laminar en el límite de grano, también se observa ferrita en forma de láminas dentro de la perlita
25	2904	4513,56	7136,9	226,4	0,33	0,25	1,34	0,02	0,02	6,91	36,3	63,7	A2½			D4		Ferrita que rodea a la perlita en el límite de grano, en algunos casos se observa ferrita acicular que se introduce en la perlita
													Grueso			Grueso		

Tabla 5.18 Resumen de ensayos mecánicos y metalúrgicos.

5.3.4 Análisis de resultados.

5.3.4.1 Análisis por varillas.

El presente análisis corresponde a un mismo lote (LA002645) de producción, es decir tiene un porcentaje de C = 0.39%, Si = 0.16%, Mn = 1.06%, P = 0.016% y S = 0.038%:

Varilla de Ø = 8mm:

- La varilla presenta los siguientes resultados en el ensayo de tracción: $S_{yp} = 4325 \text{ Kg/cm}^2$ y $S_{ut} = 6598 \text{ Kg/cm}^2$ los cuales cumplen con la norma, además el ensayo de doblado es satisfactorio, tiene una dureza de 217.24 HB, presenta un tamaño de grano ASTM 8.56, un 59.6% de perlita y 40.4% de ferrita.

Varilla de Ø = 12mm:

- La varilla presenta los siguientes resultados en el ensayo de tracción: $S_{yp} = 4284 \text{ Kg/cm}^2$ y $S_{ut} = 6724 \text{ Kg/cm}^2$ los cuales cumplen con la norma, además el ensayo de doblado es satisfactorio, tiene una dureza de 213.78 HB, presenta un tamaño de grano ASTM 8.6, un 56.9% de perlita y 43% de ferrita.

Varilla de Ø = 16mm:

- La varilla presenta los siguientes resultados en el ensayo de tracción: $S_{yp} = 4274 \text{ Kg/cm}^2$ y $S_{ut} = 6623 \text{ Kg/cm}^2$ los cuales cumplen con la norma, además el ensayo de doblado es satisfactorio, tiene una dureza de 204.47 HB, presenta un tamaño de grano ASTM 8.53, un 57.8% de perlita y 42.2% de ferrita.
- Las varillas de este lote presenta inclusiones tipo sulfuros y óxidos con un tamaño de 168 μm y 21 μm respectivamente, se podría decir que el porcentaje de inclusiones es aceptable.

Enseguida se presenta los resultados correspondientes a diversos lotes y coladas producidos, de los cuales algunos presentan problemas:

Varilla de $\varnothing = 8\text{mm}$, 12mm y 16mm :

Estas tres varillas corresponden a un mismo lote (LA002870) de producción, es decir tiene un porcentaje de C = 0.33%, Si = 0.3%, Mn = 1.4%, P = 0.014% y S = 0.021% y Al = 0.012%:

- La varilla de $\varnothing = 8\text{mm}$ de la colada 90934, presenta los siguientes resultados: en el ensayo de tracción: $S_{yp} = 5252 \text{ Kg/cm}^2$ y $S_{ut} = 7163 \text{ Kg/cm}^2$ los cuales cumplen con la norma, pero el ensayo de doblado no es satisfactorio, tiene una dureza de 220.61 HB, presenta un tamaño de grano ASTM 9.35, un 59.3% de perlita y 40.7% de ferrita. Presenta inclusiones tipo sulfuros A1½ (50 μm) alumina B3 (600 μm) de aspecto delgado, silicatos (500 μm) gruesos y óxido D4 (54 μm) extremadamente gruesos. En el análisis de fases, presenta una perlita laminar que en algunos casos tiende a ser bainita plumosa dentro de una matriz ferrítica alotriomórfica.
- La varilla de $\varnothing = 12\text{mm}$ de la colada 1260, presenta los siguientes resultados: en el ensayo de tracción: $S_{yp} = 4886 \text{ Kg/cm}^2$ y $S_{ut} = 7653 \text{ Kg/cm}^2$ los cuales cumplen con la norma, además el ensayo de doblado es satisfactorio, tiene una dureza de 225.22 HB, presenta un tamaño de grano ASTM 9.4, un 59.14% de perlita y 40.86% de ferrita. Presenta inclusiones tipo silicatos C2½ (516 μm) gruesos y óxidos D3 (58 μm) extra gruesas. Presenta perlita laminar que tiende a ser bainita plumoso en algunos casos, dentro de una matriz ferrítica equiaxial.
- La varilla de $\varnothing = 16\text{mm}$ de la colada 1260, presenta los siguientes resultados: en el ensayo de tracción: $S_{yp} = 5182 \text{ Kg/cm}^2$ y $S_{ut} = 7934\text{Kg/cm}^2$ los cuales

cumplen con la norma, además el ensayo de doblado es satisfactorio, tiene una dureza de 225.22 HB, presenta un tamaño de grano ASTM 7.52, un 60.4% de perlita y 39.6% de ferrita. Presenta inclusiones tipo óxidos D4 (15 μm) de aspecto muy grueso, las que se consideran aceptables. Presenta ferrita proeutectoide que crece en el límite de grano, también se observa ferrita en forma de láminas dentro de la perlita.

Varilla de $\varnothing = 12\text{mm}$

- La varilla de $\varnothing = 12\text{mm}$ del lote 2893, colada 62926, presenta los siguientes resultados: C = 0.39%, Si = 0.22%, Mn = 1.16%, P = 0.019% y S = 0.035%. En el ensayo de tracción: $S_{yp} = 4814 \text{ Kg/cm}^2$ y $S_{ut} = 7206 \text{ Kg/cm}^2$ los cuales cumplen con la norma, pero el ensayo de doblado no es satisfactorio, tiene una dureza de 241.19 HB, presenta un tamaño de grano ASTM 6.78, un 64.8% de perlita y 35.2% de ferrita. Presenta inclusiones tipo sulfuros A3 (270 μm) de aspecto grueso, alumina B2½ (450 μm) delgados, silicatos C2½ (500 μm) gruesos y tipo óxidos D4 (8 μm) gruesos. Presenta una morfología de ferrita alotriomórfica que se introduce en la perlita en forma de placas.

Varilla de $\varnothing = 16\text{mm}$

- La varilla de $\varnothing = 16\text{mm}$ del lote 2888, colada 10762, presenta los siguientes resultados: C = 0.41%, Si = 0.21%, Mn = 1.12%, P = 0.008% y S = 0.029%. En el ensayo de tracción: $S_{yp} = 4414 \text{ Kg/cm}^2$ y $S_{ut} = 6776 \text{ Kg/cm}^2$ los cuales cumplen con la norma, además el ensayo de doblado es satisfactorio, tiene una dureza de 212.86 HB, presenta un tamaño de grano ASTM 6.69, un 66.85% de perlita y 33.14% de ferrita. Presenta inclusiones tipo sulfuros A2 (58 μm) y

óxidos D5 (30 μm) de aspecto extra grueso, las que se consideran aceptables. Presenta ferrita proeutectoide que crece en el límite de grano y en algunos casos se introduce en la perlita laminar.

Varilla de $\varnothing = 25\text{mm}$

- La varilla de $\varnothing = 12\text{mm}$ del lote 2904, colada 82719, presenta los siguientes resultados: C = 0.33%, Si = 0.25%, Mn = 1.34%, P = 0.016% y S = 0.016%. En el ensayo de tracción: $S_{yp} = 4513\text{Kg/cm}^2$ y $S_{ut} = 7137\text{ Kg/cm}^2$ los cuales cumplen con la norma, además el ensayo de doblado es satisfactorio, tiene una dureza de 226.4 HB, presenta un tamaño de grano ASTM 6.91, un 63.7% de perlita y 36.3% de ferrita. Presenta inclusiones tipo sulfuro $A2\frac{1}{2}$ (375 μm) y óxidos D4 (32 μm) extra gruesos. Presenta una morfología ferrítica que rodea a la perlita en el límite de grano, en algunos casos se observa ferrita acicular que se introduce en la perlita.

5.3.4.2 Análisis comparativo:

- De acuerdo al análisis de composición química hecho con el espectrómetro de emisión óptica, los valores de la tabla 5.4 demuestran que las cantidades de fósforo y azufre se encuentran dentro de los rangos establecidos según la designación de la norma AISI 1040 y la norma INEN 102 (tabla 5.20).

ELEMENTO	Análisis de cuchara
Fósforo	máx. 0,04 %
Azufre	máx. 0,04 %
% Azufre + % Fosforo	máx. 0,07 %

Tabla 5.19. Composición química. Especializaciones para el contenido de azufre y fósforo, según Norma INEN 102:2003

- También se puede observar la presencia de los elementos aleantes como el cromo, níquel, cobre, vanadio, titanio los cuales mejoran las características y propiedades del acero, a pesar de su bajo porcentaje en su composición química.
- El análisis de tamaño de grano del lote 2645 muestra que no existe variación significativa, cuando las muestras corresponden a la misma colada.
- Se puede observar que las inclusiones de tipo sulfuros y óxidos globulares están presentes en casi todas las muestras analizadas.
- De la Tabla 5.4, se realizó la comparación de la dureza en las varillas que se rompen y de las que no se rompen, se puede considerar como confiable si los resultados fluctúan entre 200 a 215 HB, para un acero de construcción con un 0.38 - 0.42% de carbono, presente en su composición química.
- Un factor posible para la fractura en el ensayo de doblado en la varilla de 8 mm del lote 2870 podría ser principalmente la cantidad elevada de inclusiones tipo óxidos globulares de 54 μm de diámetro y sulfuros 50 μm a lo cual se suma en menor presencia inclusiones tipo alumina de 600 μm y silicatos de 500 μm de longitud.
- De igual manera para la varilla de 12 mm del lote 2893, la fractura en el ensayo de doblado posiblemente se dio principalmente por la presencia de inclusiones tipo sulfuro de 270 μm de longitud y una moderada presencia de óxidos globulares de 8 μm de diámetro, consideradas como las inclusiones más peligrosas ya que en estas posiblemente inicia las fracturas, a lo cual también se suma posiblemente la presencia de alumina de 450 μm , silicatos de 500 μm de longitud.
- La presencia de inclusiones tipo sulfuros, alumina, silicatos y óxidos globulares en exceso crean una alta concentración de esfuerzos en las varillas, es decir al

aplicar una carga de doblado en estos puntos es posible que allí se produzca la fractura de la misma.

- Otro factor posible para la fractura en el ensayo de doblado de la varilla de 12 mm podría ser la elevada dureza que presenta la muestra, ya que de estos resultados se desprende la relación que existe entre el porcentaje de carbono (0.39 a 0.41%) con la dureza del material, a mayor porcentaje de carbono, mayor dureza y resistencia a la tracción pero menor será su ductilidad.
- La morfología de la ferrita y la perlita también influyen considerablemente en las propiedades del material, es decir, una posible causa para la falla en la varilla de 8 mm podría ser la presencia de bainita plumosa, dentro de una matriz de ferrita alotriomórfica, y en la de 12 mm se tiene una morfología de perlita laminar más abundante (64.8 %) con una ferrita alotriomórfica que se introduce en forma de placas en la perlita.
- Según las microestructuras analizadas, se observa un tamaño de grano variable y morfologías completamente distintas, es decir, el enfriamiento de las varillas laminadas no es constante, a lo cual se presume como responsable al calor retenido en las varillas de mayor diámetro evitan el enfriamiento brusco de la misma, siendo contrario este criterio para las varillas de menor diámetro.
- Finalmente de los resultados obtenidos se puede concluir que los factores más influyentes en la fragilidad del acero posiblemente sean: la elevada cantidad de inclusiones de tipo sulfuros y óxidos de tamaños considerables, y el porcentaje elevado de carbono (0.4 %) acompañado de un enfriamiento no constante, del cual se deriva su dureza, su tamaño de grano fino y las distintas morfologías de ferrita y perlita que presentan las muestras.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES.

6.1.1 Respecto al espectrómetro y al programa.

- La base de datos esta programada para recibir y almacenar 60.000 repotes de composición química, lo que sirve como respaldo sobre la calidad del producto.
- El programa genera reportes de una manera fácil y sencilla sin tener que digitar el porcentaje de cada uno de los elementos químicos que analiza el espectrómetro.
- Como el programa se ejecuta en un servidor de Internet éste puede ser anexado a la página principal de la empresa (www.novacero.com), como una opción de búsqueda en la cual se pueda consultar cualquier ensayo de composición química realizado en el espectrómetro.
- El espectrómetro permitirá ajustar la composición química del acero durante el proceso de fundición, esta información es de vital importancia porque ayuda a identificar impurezas como el fósforo y el azufre los cuales son eliminados cuando el acero está aun en estado líquido.
- El espectrómetro a más de analizar la composición química de aceros de bajo carbono también analiza aceros inoxidable y zinc puro, esto le permite a la empresa usar zinc para sus procesos de galvanizado y en el futuro producir varillas lisas de aceros inoxidable.

6.1.2 **Respecto a los ensayos mecánicos y metalúrgicos:**

- Los ensayos de tracción y doblado en las varillas de acero AISI 1040 cumplen con los requerimientos exigidos por la norma INEN 109, no obstante las varillas de 8 y 12 mm de diámetro del lote 2870 y 2893 respectivamente, que no cumplieron el ensayo de doblado.
- A pesar que las varillas cumplen con el ensayo de tracción este no es un indicativo que asegure la calidad de la varilla en un ensayo de doblado.
- Los distintos tamaños de grano, porcentajes de fases y morfologías de ferrita y perlita, nos dan la pauta para concluir que el enfriamiento en las varillas no es constante, ya que depende mucho del diámetro a fabricar.
- Los valores de dureza más adecuados para las varillas de construcción AISI 1040, se encuentra entre 200 a 215 HB.
- Las inclusiones más peligrosas observadas son de tipo sulfuros y óxidos globulares las cuales pueden ubicarse en ciertos lugares provocando una elevada concentración de esfuerzos en el acero.
- La cantidad y tamaño de inclusiones encontradas en algunas muestras de varillas de construcción son en algunos casos óxidos de diámetros extra grandes (58 μm) y sulfuros de longitudes máximas (375 μm), lo que provocaría una disminución considerable en las propiedades de la varilla y serían las principales causas para la fractura en el ensayo de doblado.
- Todos los lotes presentan diferentes cantidades de inclusiones debido a la procedencia y a sus procesos de fabricación, en algunos casos más severos que otros.

6.2 RECOMENDACIONES.

- Dar un mejor control a la materia prima que se compre para el proceso de laminado ya que de esto depende mucho la calidad del producto final.
- Realizar el mantenimiento recomendado para el espectrómetro, respetando sus partes, para de alguna manera alargar la vida útil del mismo y evitar fallas en su funcionamiento.
- Realizar un análisis durante el enfriamiento del producto, para determinar como influyen las propiedades mecánicas según el diámetro a fabricar con la dureza y el comportamiento microestructural de la varilla.

REERENCIAS.

- [1] <http://www.corpcys.com/html/andec.html>,
- [2] <http://www.adelcaecuador.com/web2/corporativo.html>,
- [3] <http://www.novacero.com>
- [4] http://www.wikipedia.org/wiki/Espectr%C3%B3metro_de_masa.html
- [5] <http://www.steeluniversity.org>.
- [6] <http://www.azal.com>
- [7] AVNER, Sidney. Introducción a la Metalurgia Física. 2^{ra} edición. Mexico: Centeno, 1985. Págs.40-41.
- [8] AVNER, Sidney. Introducción a la Metalurgia Física. 2^{ra} edición. Mexico: Centeno, 1985. Págs.112-115.
- [9] NORMA ASTM-45-97. Morfología de las inclusiones en el acero. Págs.2-21.

BIBLIOGRAFÍA

- AVNER S. Introducción a la Metalurgia Física. Segunda edición.
México: McGraw-Hill. 1985.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. Código de Ensayos
Mecánicos (INEN 109). Quito, 2007-08-01
- NORMAS ASTM E 45-97. Código de Ensayos de Inclusiones. EE.UU. 1997
- BONIFAZ E. Manual de Redacción de Tesis y de Trabajos. Ecuador, 1995.

LINKOGRAFÍA

Espectrómetro de masas.

www.es.wikipedia.org/wiki/Espectr%C3%B3metro_de_masa

2007-08-20

Espectro de emisión y absorción.

www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/elecmagnet/espectrometro/espectro.html

2007-08-20

Tipos de espectrómetros.

www.mx.encarta.msn.com/encyclopedia_761579153/Espectr%C3%B3metro_de_masas.html

2007-08-20

Usos del gas argón.

www.es.wikipedia.org/wiki/Arg%C3%B3n

2007-11-22

Proceso de fusión del acero.

www.es.wikipedia.org/wiki/Siderurgia.

2008-01-18

Proceso de colado del acero.

www.es.encarta.msn.com/media_461530497/Producci%C3%B3n_de_acero.htm

2008-01-18

Hornos de arco eléctrico.

www.es.wikipedia.org/wiki/Siderurgia

2008-01-18

Proceso de laminado.

www.es.wikipedia.org/wiki/Laminaci%C3%B3n

2008-01-18

ANEXOS

ANEXO A



Designation: E 10 – 01

American Association State Highway
and Transportation Officials Standard
AASHTO No.: T70-86
An American National Standard

Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E 10; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This test method (Test Method A) covers the determination of the Brinell hardness of metallic materials, including methods for the verification of Brinell hardness testing machines (Test Method B) and the calibration of standardized hardness test blocks (Test Method C).

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

NOTE 1—In common terminology, the equivalent force in kgf is substituted for N.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines²
- E 29 Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications³
- E 74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines²
- E 140 Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Rockwell Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Scleroscope Hardness²

3. Terminology

3.1 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.1.1 **Brinell hardness number**—a number, which is proportional to the quotient obtained by dividing the test force by the curved surface area of the indentation which is assumed to be spherical and of the diameter of the ball.

$$HBW = 0.102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (\text{See Table 1}) \quad (1)$$

where:

D = diameter of the ball, mm,

F = test force, N, and

d = mean diameter of the indentation, mm.

The Brinell hardness is denoted by the symbol: HBW.

3.1.1.1 **Discussion**—In former standards, a steel ball was allowed for hardness values below 450. In cases when a steel ball was used, the Brinell hardness was denoted by HB or HBS.

3.1.1.2 **Discussion**—The symbol HBW is preceded by the hardness value. When conditions other than those specified in 11.1.2 are used, the hardness value is supplemented by an index indicating the test conditions in the order:

- (1) Diameter of the ball, in mm,
- (2) A value representing the test force in kgf (see Table 3), and,
- (3) Duration of loading, in s.

Examples:

350 HBW 5/750 = Brinell hardness of 350 determined with a ball of 5-mm diameter and with a test force of 7.355 kN (750 kgf) applied for 10 to 15 s.
600 HBW 1/30/20 = Brinell hardness of 600 determined with a ball of 1-mm diameter and with a test force of 294.2 N (30 kgf) applied for 20 s.

3.1.1.3 **Discussion**—Brinell hardness numbers vary with the test force used; however, test results will generally be in agreement when the ratio of the test force to the square of the ball diameter is held constant (see Table 3).

3.1.1.4 **Discussion**—Table 2 lists the Brinell hardness numbers corresponding to various diameters of indentations for 29.4 kN (3000 kgf), 14.7 kN (1500 kgf), and 4.90 kN (500 kgf) test forces making it unnecessary to calculate for each test the value of the Brinell hardness number by the above equation in Table 1 when these forces are used with a 10-mm diameter ball.

3.1.2 **Brinell hardness test**—an indenter (tungsten carbide ball with diameter D) is forced into the surface of a test piece and the diameter of the indentation d left in the surface after removal of the test force, F , is measured. (see Table 1 and Figs. 1 and 2.)

3.1.2.1 **Discussion**—The tungsten carbide ball may be used for materials with a Brinell hardness not exceeding 650.

3.1.3 **calibration**—adjustment of the significant parameters by comparison with values indicated by a reference instrument or by a set of reference standards.

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and is the direct responsibility of Subcommittee E28.06 on Indentation Hardness Testing.

Current edition approved February 10, 2001. Published April 2001. Originally published as E 10 – 24 T. Last previous edition E 10 – 00a.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

ANEXO D.

Programación utilizada para realizar el programa.

Conectarse:

```
<html>
<head>
  <title>Ejemplo de PHP</title>
</head>
<body>
  <?php
    function conectarse()
    {
      if
        //en las comillas va usuario y contraseña
        (!($link=mysql_connect("localhost","","")))
        {
          echo "Error conectando a la base de datos.";
          exit();
        }
        if (!mysql_select_db("bd_novacero",$link))
        {
          echo "Error seleccionando la base de datos.";
          exit();
        }
        return $link;
    }
    conectarse();
    //echo "Conexión con la base de datos conseguida.<br>";
  ?>
</body>
</html>
```

Migrar análisis:

```
<?
require("aut_verifica.inc.php");
$nivel_acceso=1; // Nivel de acceso para esta página.
if ($nivel_acceso <= $_SESSION['usuario_nivel']){
  header ("Location: $redir?error_login=5");
  exit;
}
?>
```

Procesar datos.

<?

```
if ($_FILES['archivo']['tmp_name']) {
    $datos=$_FILES['archivo']['tmp_name'];
    $nombre=$_FILES['archivo']['name'];
    $tamaño=$_FILES['archivo']['size'];
    $tipo=$_FILES['archivo']['type'];
    print "El nombre del archivos es: $nombre<br>
        El nombre del archivo remoto es: $nombre<br>
        El tamaño del archivo es: $tamaño bytes<br>
        El tipo de archivos es: $tipo <hr>";
    $link=fopen($datos,"r");

    $j=1;

    $bandera_error = false;
    while(!feof($link)){
        $a=fgetcsv($link,"2048",",");
        $contactos[]=$a;
        $asize = count($a);

        if!($asize==9)) {
            $bandera_error = true;
            break;
        }
        $j++;
    }

    /*******
    include("conectarse.php");
    $link=conectarse();

    if (!$bandera_error){
        foreach($contactos as $i=> $v){
            echo "<tr bgcolor=#ffffff>";
            foreach($v as $j=> $x){
                //echo "<td>";
                //echo $x ."<br>";
                //echo "</td>";
                $vector[$j]=$x;

                //printf(" el vector es : " . $vector[$j] ."<br>\n");

            }
        }
    }
}
```



```

//      echo "</tr>";
$v1=str_replace(",",".",$vector[3]);
$v2=str_replace(",",".",$vector[4]);
$v3=str_replace(",",".",$vector[5]);
$v4=str_replace(",",".",$vector[6]);
    $Sql="insert into analisis
    (seqno,subno,dispele,content,rvalue,sigma,cv,anamark,revmark) values
    ('$vector[0]','$vector[1]','$vector[2]', '$v1', '$v2', '$v3', '$v4', '$vector[7]',
'$vector[8]')";
    mysql_query($Sql,$link);

echo "</br>";
    }

        echo "</table>";
    } else {
        echo "archivo dañado en la linea $j. Se esperaba arreglo de longitud 9 y se
obtuvo arreglo de longitud $asize.";
    }

} else {
    print "No ha podido enviar ningun archivo";
}

?>

```