



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

**INCALIN**  
INSTITUTO DE LA  
CALIDAD INDUSTRIAL

## ESPECIALIZACIÓN EN CALIDAD INDUSTRIAL

# TRABAJO FINAL INTEGRADOR

- TERCERA ENTREGA -

DIRECTOR: DR. JOAQUÍN VALDÉS

## “PROCESO DE TREFILADO DE ALAMBRE PARA LA FABRICACIÓN DE CABLES DE ACERO”

### **MODIFICACIONES:**

- Se modifica el alcance.
- Se agregan diagramas de flujo.
- Se agregan los distintos tipos de construcción de cordones.
- Se muestran gráficamente los sectores de la fábrica.
- Se grafica el proceso productivo.
- Se agrega la Política de Calidad de la empresa.
- Se especifica detalladamente el proceso de fabricación.
- Se agregan conclusiones finales.

### **ALUMNO:**

Apellido, Nombre	DNI	Curso	Fecha de Entrega
Palazzetti, Emiliano	35347970	EIN 2º	25/08/18

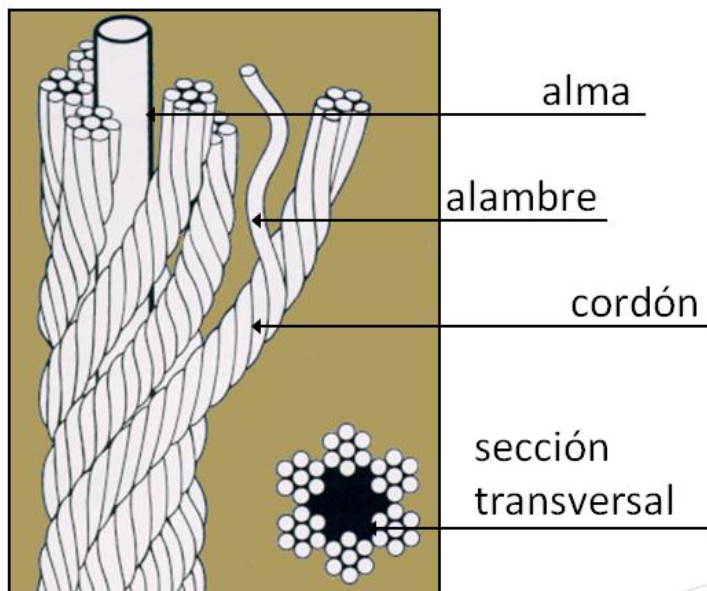
## Introducción

IPH S.A.I.C.F. es una empresa dedicada al diseño, fabricación, comercialización y distribución de cables, cordones, eslingas y alambres de acero.

### - *¿Qué es un cable de acero?*

Un cable de acero es un sistema redundante en sí mismo, que está compuesto por diversos alambres que trabajan en paralelo soportando la carga.

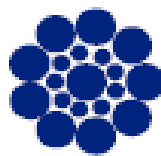
### - *Elementos de un Cable de Acero:*



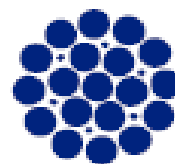
### - *Distintos tipos de construcción de cordón:*



*Común de capa simple*



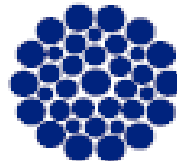
*Seale*



*Filler*



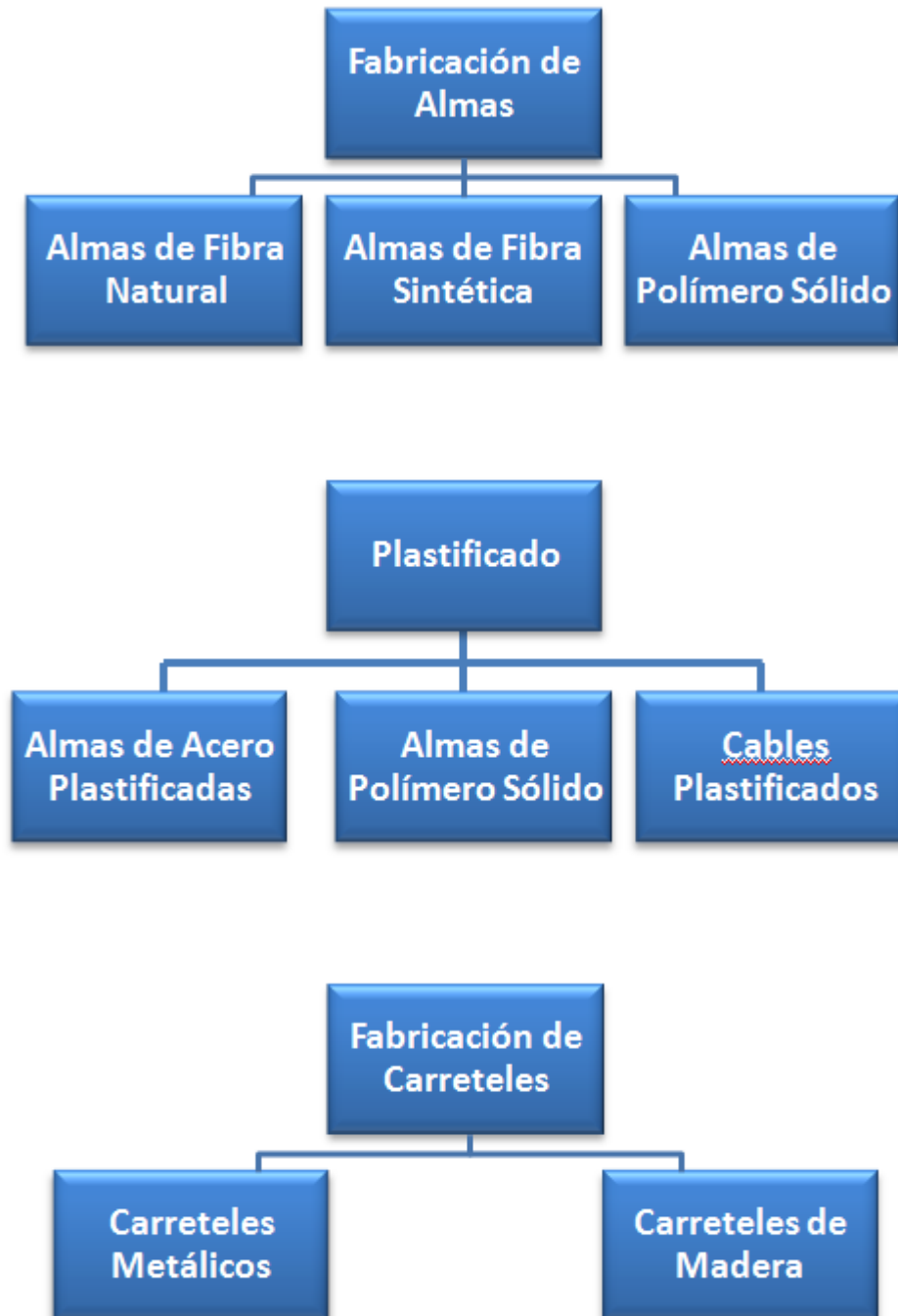
*Warrington*



*Warrington Seale*

- **La empresa:**

Su integración es del tipo vertical. El único insumo requerido para la fabricación de estos cables es el alambroón (material en crudo). Mientras otras fábricas adquieren el alambre ya trefilado y tratado térmicamente como materia prima, IPH confecciona los suyos.



- **Sectores de la fábrica:**



- Decapado del alambón
- Trefilado inicial
- Patentado
- Cincado (opcional)
- Trefilado final
- Cordoneado
- Cableado
- Fabricación de Almas
- Línea de Plastificado por Extrusión
- Calidad
- Ingeniería
- Producción
- Planificación de la Producción
- Laboratorio de Ensayos
- Administración
- Ventas
- Compras

- *Proceso Productivo:*



- **Certificados:**

Entre otros certificados correspondientes a Normas específicas, los más destacados son:

- Cables de acero de uso general - Norma ABNT NBR ISO 2408.
- TUV Rheinland - Sistema de Gestión de Calidad certificado ISO 9001:2015 (ver certificado en el Anexo)

- **Política de Calidad:**

La Dirección de IPH fija como metodología de su compromiso distintivo con la Calidad, la organización y sustentación de un Sistema de Gestión de Calidad destinado a ofrecer excelencia y confiabilidad en todos sus productos.

Teniendo como objetivo la entera satisfacción de todos nuestros clientes, la Dirección establece que todas y cada una de las actividades llevadas a cabo en IPH se realicen en cumplimiento del mismo. Para su logro, la Dirección destinará los recursos humanos y de infraestructura necesarios.

El personal que integra IPH en todas sus áreas, tanto de conducción como de supervisión u operación, tenemos la responsabilidad de alinearnos con la Política de Calidad impartida por la Dirección. Debiendo, para ello, desarrollar las habilidades y los conocimientos necesarios para cumplir con los objetivos trazados e implementar, según ellos, los procedimientos correspondientes.

Promover la motivación y el compromiso de todo el personal con estos objetivos constituye el fundamento para que el Sistema de Gestión de Calidad se afiance y con ello se obtenga una mejora continua.

Para ello, en IPH, asumimos el compromiso de llevar adelante una Política basada en los siguientes principios:

- Satisfacer las necesidades y requisitos de nuestros clientes.
- Proveer productos de máxima calidad, seguros y confiables.
- Asegurar las entregas en los tiempos y condiciones establecidas.
- Promover el mejoramiento continuo.

Para el logro de estos objetivos, la Dirección se compromete a:

- Proveer los medios necesarios.
- Motivar y capacitar a todo el personal, de acuerdo con las necesidades.
- Involucrarse en forma directa, monitoreando el funcionamiento y adecuación del sistema implantado.

## **Alcance**

Se pretende describir el proceso productivo de un alambre, mostrando cómo se implementa el aseguramiento de la calidad desde el ingreso de la materia prima hasta el alambre patentado trefilado destinado a un cable de uso general sin revestimiento, incluyendo los Ensayos y Normas y las Mediciones que se realizan en cada caso.

## **Descripción**

La idea de este trabajo se basa en describir cada uno de los procesos de acondicionamiento de la materia prima recibida y sus diferentes etapas de transformación y control, para dar como producto intermedio el alambre patentado trefilado.

Se realizará un diagrama de flujo y se detallará paso a paso cada etapa del proceso, desde la recepción del alambcón hasta la aprobación o rechazo del lote de alambre patentado trefilado. Para ello se considerarán las Normas establecidas, se demostrará la apropiada gestión de los productos mediante la cadena de trazabilidad, y se dará evidencia de la correcta trazabilidad metrológica de los equipos e instrumentos de medición.

Algunos parámetros que forman parte de la especificación del alambre:

- Diámetro
- Ovalización
- Resistencia a la tracción

Algunas Normas de referencia:

- ISO 2232: Round drawn wire for general purpose non-alloy steel wire ropes and for large diameter steel wire ropes – Specifications
- ISO 2408: Steel wire ropes – Requirements
- ISO 16120: Non alloy steel wire rod for conversion to wire
- ISO 17893: Steel wire ropes – Vocabulary, designation and classification
- DIN 10264: Steel wire and wire products – Steel wire for ropes
- DIN 12385: Steel wire ropes

Finalmente se demostrará que se cumple con la Normativa y los estándares de calidad previstos.

## **Desarrollo**

### ***Recepción del Alambrón***

Una vez que Planificación define las necesidades, Compras se encarga de la obtención de la materia prima: el alambrón. Su presentación puede ser en distintos contenidos de carbono mediante la clasificación SAE, y en diferentes diámetros dependiendo del diámetro final que tendrá el alambre en el cable terminado. Esta relación es definida por Ingeniería, quien calcula la resistencia final del mismo según la reducción de diámetro obtenida en la etapa de trefilado.

El alambrón viene con su respectivo certificado, el cual muestra no solo las características dimensionales, sino también su composición química. Para cerciorarse de que los datos introducidos en el certificado sean válidos, Calidad toma varias muestras de cada rollo de alambrón y las analiza en el espectrómetro para validar la composición química, y además verifica diámetro, ovalización y resistencia a la tracción.

En caso de que no venga el certificado, el producto no será aceptado hasta tanto el proveedor no lo envíe.

Cada rollo debe tener una tarjeta de identificación con los siguientes datos:

- Diámetro
- Calidad del Acero
- Número de colada
- Número de rollo
- Peso
- Nombre del fabricante

#### ***Verificación del diámetro:***

La tolerancia admitida dependerá del diámetro nominal del alambrón. Criterio:

Ø nom. entre 5.5 y 9.5 → Tol.: ± 0.30 mm

Ø nom. entre 10 y 15.5 → Tol.: ± 0.40 mm

Ø nom. entre 16 y 25 → Tol.: ± 0.50 mm

#### ***Ensayo a la tracción:***

Se prepara la probeta y se la coloca en el ensayo de tracción. Una vez obtenido el resultado de la carga de rotura, se calcula la resistencia:

$$R = \text{Carga de rotura} \times \text{Sección del alambrón}$$

#### ***Ensayo de Ovalización:***

- Colocar la muestra en la lupa a 10X.
- Medir horizontalmente con el micrómetro de la lupa y luego a 90°.

La diferencia entre el máximo y el mínimo no debe exceder el 80% de la tolerancia admitida.



*Ensayo para determinar fisuras superficiales:*

- Pulir la sección transversal de la muestra.
- Atacar la misma con Nital 1,5%.
- Colocar la lupa en 100X.
- Verificar visualmente que no existan fisuras de ningún tipo.

*Ensayo para medir la Decarburación:*

- Pulir la sección transversal.
- Atacar con Nital al 5%.
- Colocar la muestra en la lupa a 200X de aumento y analizar las zonas decarburadas.
- De todas ellas, se debe tomar la más pronunciada.
- Medir con el micrómetro de la lupa el espesor de la zona seleccionada.
- Medir el espesor de la zona decarburada ubicada en el punto opuesto a la zona seleccionada. Ambas zonas definirán una recta.
- Medir los espesores de las zonas de decarburación contenidas en otra recta perpendicular a la anterior.
- Establecer un promedio entre las cuatro mediciones.

Para la evaluación de este defecto se debe tener en cuenta lo siguiente, según Norma ISO 16120-4 (Non alloy steel wire rod for conversion to wire) sección 4.5 (specific requirements for wire rod for special applications):

- La decarburación total debe estar ausente.
- Decarburación parcial: no se aceptará material que presente sobre la sección transversal, decarburación parcial en promedio que no supere los valores límite indicados según criterio:
  - Para  $\varnothing$  nominal entre 5 y 8 mm: 0.10 mm
  - Para  $\varnothing$  nominal entre 8 y 30 mm: 1.2%  $\varnothing$  nominal

*Ensayo para verificar la Microestructura:*

- Pulir la sección longitudinal.
- Atacar con Nital al 5%.
- Colocar la probeta en el microscopio con aumento entre 500X y 800X.
- Hacer foco.
- Verificar que la estructura del acero esté constituida esencialmente por perlita fina, admitiéndose hasta un 20% de perlita gruesa. No será admisible la presencia de vainita y/o martensita en ninguna zona del alambre.

Luego se asientan todos los datos en el sistema, adjuntando el certificado de calidad de origen. En caso que corresponda, se dará por aprobada la partida. Los productos que no cumplan con las especificaciones serán rechazados y se generará un Informe de No Conformidad con copia al proveedor, identificándolos con una tarjeta roja y el número de No Conformidad.

## ***Decapado del Alambión***

El material en crudo no contiene las características deseables para un correcto trefilado. Éste se encuentra recubierto de una cascarilla anticorrosiva, que solo es deseable para su almacenamiento en condiciones severas por largos períodos de tiempo, pero tiene malas propiedades mecánicas y es demasiado dura, lo cual estropearía las trefilas.

Es por este motivo que se pretende procesar el alambión en un baño de decapado químico justo antes del trefilado inicial. Esta etapa del proceso consta en sumergir los rollos en bateas con ácidos y otros compuestos a distintas temperaturas, enjuagándolos con agua entre cada baño. El alambión destinado a un cable sin revestimiento galvanizado finaliza la etapa de decapado mediante su sumersión en un baño porta-lubricante, necesario para el trefilado inicial, dado que al ser éste un proceso que tienda a aumentar la temperatura del alambre al pasar por las trefilas, se le adhieren jabones refrigerantes para estabilizarla.

El operario de la línea de decapado buscará las tarjetas en el buzón de tarjetas de Kanban dos veces por turno. Cada una de ellas corresponde a un rollo.

Etapas:

- Agua caliente
- Decapado
- Fosfatado
- Baño porta-lubricante
- Secado

Antes de comenzar, el operario verificará los siguientes parámetros:

- Temperatura del agua caliente (40 – 60°C)
- Temperatura del fosfato (70 – 85°C)
- Temperatura del porta-lubricante (75 – 95°C)

Estas temperaturas son tomadas desde un display.

El supervisor verificará:

- Concentración del ácido del decapado (10 a 20%)
- Concentración del fosfato (30 a 55 pto)

Ante cualquier desviación en estos parámetros, se detendrá el proceso.

- Se coloca el rollo en la percha respectiva.
- Se sumerge el rollo en la batea de agua caliente por 15 minutos.
- Se traslada el rollo al sector de enjuague y se enjuaga.
- Se transporta el rollo a la batea de decapado y se sumerge durante 30 minutos con el dispositivo vibrador activado.
- Se traslada el rollo al sector de enjuague nuevamente y se enjuaga.
- Se transporta el rollo hasta la batea de fosfatado y se sumerge por 15 minutos.
- Por cada rollo sumergido en esta batea, se deben volver a ingresar 3 litros de fosfato a la misma.
- Se traslada el rollo al sector de enjuague nuevamente y se enjuaga.
- Se traslada el rollo hacia la batea de porta-lubricante y se lo sumerge durante 10 minutos.

- Se extra el rollo y se lo expone al secador durante 10 minutos.
- Se transporta el rollo al depósito.

### **Trefilado Inicial**

Una vez listo el alambón, éste es transportado al galpón de trefilado inicial. El objetivo principal es reducir el diámetro del alambón tanto como éste lo permita. Un exceso en la reducción podría hacer al alambre tan frágil que éste se tornará irrecuperable.

El proceso de trefilado consiste en hacer pasar un alambre a través de un conjunto de trefilas de carburo de tungsteno sucesivamente menores, efectuándose un proceso de laminación que disminuirá su diámetro y por lo tanto aumentará su longitud.

Por cada paso (trefila), el trabajo realizado es tal que se produce un excesivo calor. Esto es indeseable, ya que altera las propiedades del acero y dificulta su paso por la siguiente trefila. Por tal motivo, se utilizan los anteriormente citados jabones, que tienen como función disminuir el rozamiento entre el alambre y la trefila, al mismo tiempo que éste se va enrollando en un tambor refrigerado, por cuyo interior se bombea agua fría con la finalidad de estabilizar la temperatura del alambre antes de hacerlo pasar por la siguiente trefila. Luego del último paso, el alambre finalmente trefilado es bobinado en un carretel especial, destinado a la etapa de Patentado. Se le controla el diámetro y su ovalización.

Antes de comenzar, el operario verificará:

- El  $\emptyset$  y el SAE del alambón decapado.
- Que el juego de trefilas proporcionado sea coincidente con el indicado en la orden de producción.
- El nivel de jabón lubricante en las cajas porta-lubricante.

Una vez enhebrado el alambón en las trefilas, se avisará al supervisor para realizar el control de arranque. Aquí se controlará:

- El diámetro para cada carretel de salida.
- Ovalización.

La etapa del proceso de control visual y dimensional lo llevará a cabo el personal de producción. Si por cualquier causa de desvío se solicita la inspección por parte de Calidad, este deberá controlar:

- La terminación superficial.
- La correcta identificación.
- El correcto completado de registros.
- Diámetro del alambre.

Estos datos serán asentados en sistema. En caso de que el alambre no cumpla con alguno de los parámetros, se rechazará el lote con una No Conformidad.

## **Patentado**

El patentado es básicamente un tratamiento térmico que tiene por objeto conferir al alambre una estructura dúctil, tal que permita volver a trefilarlo. Consiste en hacerlo pasar por un horno que lo caliente entre 950 y 970°C para luego enfriarlo bruscamente en una batea de plomo a 535-550°C.

En la misma línea de patentado se pueden procesar hasta 42 bobinas de alambre al mismo tiempo. Los alambres de mayor diámetro tendrán una velocidad lineal menor que los alambres de menor diámetro. Esto se debe a que, a mayor diámetro, mayor energía calórica es necesaria para alcanzar la temperatura deseada. Es preciso que todos los alambres tengan la misma temperatura en cada punto de la línea.

Luego de pasar por los quemadores y la batea de plomo, la línea se divide en dos:

- Cincado (alambres con revestimiento)
- Fosfatado (alambres sin revestimiento)

Dado que el alcance de este trabajo práctico está orientado a cables de uso general sin revestimiento, no explicaremos el proceso de cincado.

Los parámetros que son controlados en los alambres patentados son el diámetro, la ovalización, y además se toma una muestra para realizar un ensayo de tracción y así obtener también la resistencia a la tracción.

Para realizar el tratamiento térmico, el personal de producción debe:

- Cargar el alambón rebajado, verificando diámetro, calidad de origen y la orden de trefilado de donde proviene.
- Colocar la identificación en cada bobina.
- Preparar los recogedores (bobinas de recepción).
- Verificar las temperaturas de toda la línea y las condiciones de los baños:
  - Horno de austenizado: entre 950 y 970°C
  - Batea de plomo: entre 535 y 550°C
  - Ácido: entre 28 y 50°C – Concent.: 25 a 35%
  - Flux: entre 50 y 80°C – Concent.: 35 a 40%
  - Fosfato: entre 70 y 85°C – Acidez: 14 a 26
  - Portalubricante: entre 80 y 95°C – Concent.: 8 a 12%
  - Secador: entre 118 y 150°C
- Fijar la velocidad del tiro según indique la orden.
- Controlar el buen acondicionamiento del bobinado.
- Controlar la tensión del alambre en el bobinador.
- Controlar el diámetro del alambre en la recepción.
- Identificar las bobinas de salida.

Si durante el patentado ocurriera un problema, deberá cortarse el tramo de alambre en cuestión o marcar la zona de comienzo del mismo con una tarjeta de identificación roja y al finalizar la misma.

## **Trefilado Final**

Aún no hemos hablado de la aplicación de Normas, y esto se debe a que todos los parámetros que se han controlado hasta ahora son mediante Procedimientos Específicos, elaborados bajo la experiencia de décadas de trabajo. La Norma ISO 2232 que aplica a los cables de acero de uso general, hace referencia a los alambres terminados antes de ser cordoneados. Por lo tanto, mediante estos Procedimientos Específicos hemos asegurado que el alambre patentado cumpla con ciertos parámetros, los cuales nos asegurarán que luego de procesarlo en su última etapa (trefilado final) cumplirá con los requisitos establecidos por la Norma ISO 2232.

Esta etapa de Trefilado Final es muy parecida a la del Trefilado Inicial. Aunque se trate de diámetros menores, el funcionamiento de las máquinas es el mismo. Los resultados finales para cada lote de alambre destinado a confeccionar cables de acero de uso general serán controlados bajo la Norma ISO 2232. En esta ocasión no solo se medirán el diámetro, la ovalización y la resistencia a la tracción, sino que además el alambre será sometido a un ensayo de flexiones alternadas y a otro ensayo de torsión, ambos con el propósito de validar la resistencia a la fatiga.

- El ensayo de flexiones alternadas se realiza con una probeta de cada bobina. Esta se coloca fija en un punto, y el móvil puede flexionarse 90° para ambos lados respecto del eje formado por el tramo fijo. La Norma fija una cantidad de ciclos mínimos que el alambre debe soportar a esta flexión.
- El ensayo de torsiones consiste en colocar una probeta fija en un punto asociada a un peso colgante determinado por la Norma, mientras que el otro está fijado a un motor con un cuentavuelgas. La Norma establece la cantidad de torsiones que deberá resistir cada alambre antes de su rotura.
- El alambre aprobado es finalmente acondicionado a la salida de la trefiladora en la bobina compatible con la máquina cordoneadora prevista.

El operador deberá:

- Verificar que la identificación del alambre corresponda con la orden de fabricación.
- Verificar que el estado superficial del alambre de origen no presente oxidación.
- Controlar que el juego de trefilas coincida con el especificado en la orden.
- Enviar una muestra del primer tramo de alambre trefilado a Calidad, para que aprueben el control de inicio mediante los ensayos nombrados anteriormente.
- Verificar que el alambre trefilado no presente marcas ni ralladuras.
- Programar el cuenta-metros de la máquina.
- Iniciar la producción una vez que el inspector de calidad apruebe el arranque.
- Controlar el diámetro de la salida y ovalización.
- Verificar el correcto bobinado.
- Verificar el nivel de jabón lubricante.

---

## **Conclusiones**

Hemos podido observar que durante el proceso productivo, desde el ingreso de la materia prima hasta la etapa de Trefilado Final, se aplican distintos tipos de Normas, controles y ensayos.

Al igual que todas las etapas del proceso de fabricación de un cable de acero, la producción de alambres está dentro del Ámbito de Aplicación del certificado de la Norma ISO 9001:2015 (ver certificado en el anexo).

Todas las etapas del proceso están procedimentadas según la experiencia y requieren de Registros especificados en dichos Procedimientos.

En cada uno de los Procedimientos Específicos se citan anexos que detallan los valores de los distintos parámetros y tolerancias de temperatura, concentración, diámetro, ovalización, etc. los cuales deberán ser respetados. En los mismos se observa que tanto para una situación de aceptación como de rechazo de producto interno, existe una ruta bien definida del mismo y del circuito de No Conformidades (si corresponde) que deberá respetarse.

En el caso de la etapa de Trefilado Final, se hace referencia a la Norma ISO 2232. Esto es un requisito extraordinario para la fabricación de cables de acero de uso general. En los Procedimientos Específicos se explica cómo utilizar esta Norma correctamente.

Como conclusión final, se demuestra la correcta implementación del Aseguramiento de la Calidad del producto en cuestión.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

**INCALIN**  
INSTITUTO DE LA  
CALIDAD INDUSTRIAL

---

# ANEXO

# Certificado

Normativa de aplicación **ISO 9001:2015**

N° registro certificado 01 100 054350

Titular del certificado: **I.P.H. S.A.I.C.F.**  
Pte. Arturo Illía 4001  
B1663HRI San Miguel  
Buenos Aires  
Argentina

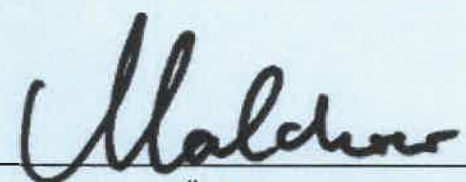
con los emplazamientos según anexo

Ámbito de aplicación: Diseño, fabricación, comercialización y distribución de cables, cordones, eslingas y alambres de acero.

Mediante una auditoría se verificó el cumplimiento de los requisitos recogidos en la norma ISO 9001:2015.

Validez: Este certificado es válido desde 2018-02-27 hasta 2021-02-26.  
Primera auditoría de certificación 2006

2018-03-08



TÜV Rheinland Cert GmbH  
Am Grauen Stein · 51105 Köln



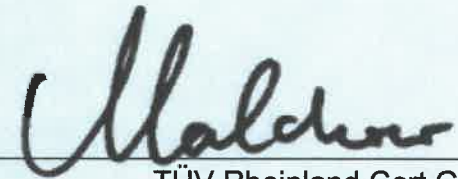
# Anexo del certificado

Normativa de aplicación **ISO 9001:2015**

N° registro certificado 01 100 054350

N°	Emplazamiento	Ámbito de aplicación
/01	I.P.H. S.A.I.C.F. Pte. Arturo Illía 4001 B1663HRI San Miguel Buenos Aires Argentina	Diseño, fabricación, comercialización y distribución de cables, cordones, eslingas y alambres de acero.
/02	I.P.H. SAICF Planta Bella Vista Catamarca 853 B1661KXQ Bella Vista Buenos Aires Argentina	Fabricación de eslingas y distribución de cables, cordones, eslingas y alambres de acero.

2018-03-08



TÜV Rheinland Cert GmbH  
Am Grauen Stein · 51105 Köln