

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORAMIENTO PARA LAS VARIABLES DE CONTROL Y FUNCIONALIDAD DE LOS PROTECTORES DE ROSCA HEMBRA, FABRICADOS POR LA EMPRESA CORPLAS S.A.S. QUE PERMITA EL CUMPLIMIENTO DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD EXIGIDOS POR EL CLIENTE.

PRESENTADO POR:
FELIX E. SIERRA BALLESTAS
INGENIERO INDUSTRIAL

TRABAJO INTEGRADOR

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD
19-OCTUBRE-2011
CARTAGENA-COLOMBIA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MEJORAMIENTO PARA LAS VARIABLES DE CONTROL Y FUNCIONALIDAD DE LOS PROTECTORES DE ROSCA HEMBRA, FABRICADOS POR LA EMPRESA CORPLAS S.A.S. QUE PERMITA EL CUMPLIMIENTO DE LOS ESTÁNDARES DE CALIDAD EXIGIDOS POR EL CLIENTE.

PRESENTADO POR:
FELIX E. SIERRA BALLESTAS
INGENIERO INDUSTRIAL

TRABAJO INTEGRADOR

DIRECTOR:
FABIAN GAZABON ARRIETA
MASTER EN DIRECCIÓN DE OPERACIONES

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PRODUCCIÓN Y CALIDAD
19-OCTUBRE-2011
CARTAGENA-COLOMBIA

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1. CORPLAS – EVOLUCIÓN ESTRATÉGICA Y OPERATIVA	4
2. NO CONFORMIDAD DEL PROTECTOR DE ROSCA - DIAGNÓSTICO DE CAUSAS	8
2.1. ¿Qué es el moldeo por inyección?	9
2.1.1. Etapas del proceso de inyección.	9
2.1.2. La máquina Inyectora.	10
2.1.3. El ciclo de inyección	11
2.1.4. El molde de inyección.	12
2.1.5. Las partes de un molde de inyección.....	12
2.2. La materia prima	14
2.3. El control de la calidad	14
2.3.1. Inspección en proceso	14
2.3.2. Inspección del producto terminado.....	15
2.4. Los protectores de rosca y su aparición en Corplas.	16
3. DISEÑO DEL PLAN DE MEJORA	21
3.1. Plan de mejoramiento	22
3.2. Propuesta de identificación.	23
3.3. Pruebas NORMA ISO 11960.....	24
3.3.1. Prueba de estabilidad dimensional.	24
3.3.2. Prueba de torque y vibración.	25
3.3.3. Prueba de impacto axial.....	26
3.3.4. Prueba de impacto angular.	28
3.3.5. Prueba de corrosión.	29
3.3.6. Prueba de stripping (Jalado)	30
3.3.7. Prueba de Hookability (Enganchado)	31
3.4. Presupuesto plan de mejoramiento.	33

4. IMPLEMENTACIÓN E IMPACTO	34
4.1. Identificación de los protectores	35
4.2. Ejecución de pruebas Norma ISO 11960.....	36
4.2.1. Resultados prueba de estabilidad dimensional.	37
4.2.2. Resultados prueba de torque y vibración.....	38
4.2.3. Resultados prueba de impacto axial.....	39
4.2.4. Resultados pruebas de impacto angular.....	40
4.2.5. Pruebas de corrosión	42
Impacto.	44
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	48

LISTA DE FIGURAS

Imagen 1. Productos fabricados por Corplas

Imagen 2. Protectores de tubería roscada.

Imagen 3. Almacenamiento de tubos en campos de explotación con protectores colocados.

Imagen 4. La máquina inyectoras y sus partes

Imagen 5. El ciclo de inyección.

Imagen 6. El molde de inyección

Imagen 7. Fotos de moldes de inyección para protectores de tubería diseñados y fabricados en Corplas

Imagen 8. Protectores de tubería fabricados por Corplas

Imagen 9. Fotos de la no conformidad, tubos almacenados en las instalaciones del cliente.

Imagen 10. Propuesta de identificación en el protector

Imagen 11. Diagrama de máquina para stripping

Imagen 12. Protector con la identificación aprobada.

Imagen 14. Protectores en horno sometidos 66°C de temperatura antes de probar

Imagen 13. Protectores en hielo seco para bajar su temperatura hasta -50°C

Imagen 15. Pruebas de torque y máquina de vibración

Imagen 16. Prueba de impacto con resultado negativo. Se rompió el protector y dejó la rosca expuesta.

Imagen 17. Protectores antes de pruebas de impacto axial.

Imagen 18. Impacto axial.

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Plan de acción no conformidad ruptura de protector año 2008.
- Tabla 2. Grado de cumplimiento de Corplas de los estándares de la Norma ISO 11960
- Tabla 3. Plan de trabajo para cumplimiento de estándares Norma ISO 11960.
- Tabla 4. Valores de torque por referencia usados por Tenaris en su línea de roscado.
- Tabla 5. Valores de energía para la prueba de impacto axial
- Tabla 6. Valores de energía para la prueba de impacto angular
- Tabla 7. Presiones prueba de stripping
- Tabla 8. Presiones prueba de hookability
- Tabla 9. Resultados prueba de estabilidad dimensional
- Tabla 10. Resultados prueba de torque y vibración.
- Tabla 11. Resultados prueba de impacto axial.
- Tabla 12. Resultados prueba de impacto

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Ficha técnica protector de rosca

ANEXO 2. Norma ISO 11960:2011

DEDICATORIA

Me gustaría dedicar este Trabajo a Dios y a toda mi familia.

A Dios, porque sin el nada podemos hacer...

Para mi madre Xenia Ballestas, por su comprensión y ayuda en los buenos y malos momentos. Me has enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me has dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

Para mi Esposa Maria, a ella especialmente le dedico este trabajo. Por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es...

Para mi hijo Felipe, cuyo nacimiento ha coincidido con el desarrollo de este trabajo. Es el quien me da la fuerza para sacar todos mis proyectos adelante.

A todos ellos gracias de todo Corazón...

AGRADECIMIENTOS

Primero y como más importante, me gustaría agradecer sinceramente a CORPLAS S.A.S. Por brindarme la confianza y el apoyo para la realización de este trabajo investigativo. A su Gerente de Operaciones el Sr. Juan G. Porto, a los directores y miembros del equipo de las áreas de calidad, mantenimiento y producción y a todos las personas que hacen parte de esta gran Organización y que de alguna u otra manera participaron en este proyecto. Sin sus valiosos aportes no habría sido posible alcanzar la meta.

También quiero agradecer muy especialmente a mi director de proyecto, Ing. Fabian Gazabon, por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, su orientación, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales en mi formación como investigador.

A la universidad Tecnológica de Bolívar y el cuerpo de docentes de la especialización Gerencia de Producción y Calidad, muy especialmente a su director el Ing. Misael Cruz. Por sus valiosos aportes en mi formación personal y profesional.

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena de Indias 20 de octubre de 2011.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Internacional para la Estandarización (ISO), uno de los principales organismos internacionales desarrolladores de estándares, la normalización es la actividad que tiene por objeto establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes y repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo en un contexto dado, que puede ser tecnológico, político o económico.

La asociación estadounidense para pruebas de materiales (ASTM) define la normalización como el proceso de formular y aplicar reglas para una aproximación ordenada a una actividad específica para el beneficio y con la cooperación de todos los involucrados.

La normalización persigue fundamentalmente tres objetivos:

- Simplificación: se trata de reducir los modelos para quedarse únicamente con los más necesarios.
- Unificación: para permitir el intercambio a nivel internacional.
- Especificación: se persigue evitar errores de identificación creando un lenguaje claro y preciso.

Para la industria plástica la estandarización y el cumplimiento de normas pasaron de ser una ventaja competitiva a una necesidad natural del negocio. Son muy comunes los requerimientos de clientes que compran tapas en china para después ser usadas para tapar envases fabricados en Colombia. Esta unión no sería posible sin que la rosca del envase que se fabrica en Colombia cumpliera el estándar internacional a la cual se ajusta la tapa que se está importando, de esa manera con solo un código se puede saber si la tapa sellará o no el envase. Cualquier empresa de plásticos que quiera participar en mercados locales e internacionales tiene que hacer uso de las normas técnicas que hoy existen y aplicarlas a los productos que fabrica. De lo contrario su participación estará limitada.

Corplas es una empresa con una filosofía alineada al cumplimiento de estándares y normas internacionales para muchos de los productos que fabrica, Con un sistema de gestión de

calidad certificado ISO 9000 desde el año 2003. Está acostumbrada a la normalización de sus procesos de gestión, operación y diseño.

La estandarización de sus productos le ha permitido a exportar a países como Venezuela, Ecuador, Perú Costa rica entre otros. Gracias al cumplimiento de estándares y a la excelente calidad de los productos que fabrica, le ha sido posible proveer a plantas de soplado de reconocidas embotelladoras de refresco en el exterior preformas para la fabricación de envases en PET. En el orden de millones de unidades la estandarización ha permitido el uso de estos envases siendo tapados con tapas fabricadas en plantas de Argentina o México sin ninguna no conformidad presentada a la fecha. Hoy en día no son necesarios largos procesos de desarrollo para garantizar el éxito del ensamble de productos fabricados en dos plantas diferentes en el mundo, solo es necesario conocer la norma a la que se ajusta el uno y el otro y solo con esta información se puede cerrar un negocio y comenzar a fabricar sin haber enviado una sola muestra.

Después de casi décadas dedicadas solo a la fabricación de soluciones plásticas de empaque (envase y tapa). Corplas decide utilizar su tecnología instalada para la fabricación de otro tipo de piezas plásticas. Es así como en el año 2005 comienza a fabricar protectores de tubería roscada en polietileno de alta densidad (PEAD) para una compañía dedicada a la fabricación de tubería roscada en acero, ubicada en la ciudad de Cartagena a pocos kilómetros de sus instalaciones.

La demanda de protectores creció rápidamente y de dos referencias pasó a 5 en menos de un año. A finales del año 2007 el negocio de los protectores representaba el 20% del total de la facturación de Corplas.

A mediados del año 2008 se presenta una no conformidad en una de sus referencias, dicha no conformidad coincide con un cambio de administración de su cliente y Corplas es retirada como proveedor aprobado de protectores de tubería roscada y su cliente comienza a importar protectores desde otras plantas de inyección de plásticos en Centro y Suramérica.

Después de muchos esfuerzos por demostrar la eficacia de los planes de acción para evitar la reincidencia de la no conformidad presentada la negativa en su cliente persiste. Es aquí donde

Corplas decide implementar un plan de trabajo completo para certificar de acuerdo a estándares internacionales la calidad de su producto. Abordando el problema mediante la siguiente estructura.

- Análisis de su evolución estratégica y operativa
- Diagnóstico de causas del problema
- Diseño del plan de mejora
- Implementación e impacto

Con este plan de trabajo Corplas pretende no solo que su cliente lo acredite nuevamente como proveedor, sino establecer una importante diferenciación dentro del sector de protectores de tubería roscada, convirtiéndose en el único fabricante de este tipo de productos que los certifica bajo los estándares de la norma.

1. CORPLAS – EVOLUCIÓN ESTRATÉGICA Y OPERATIVA

Fundada en 1978 con capital 100% local, como una respuesta a las necesidades de empaque de la región Caribe Colombiana, Corplas inicia operaciones en el barrio Bosque de la ciudad de Cartagena en abril del 78 con 2 sopladoras de polietileno dedicadas a la fabricación de envases para el sector farmacéutico y cosmético, con un capacidad total de 6 ton mensuales. Solo después de 2 años adquiere sus primeras dos inyectoras para la fabricación de tapas para los envases que fabrica en sus líneas de soplado, dándose a conocer local y regionalmente como una solución de empaque económica y flexible para un mercado tradicionalmente dominado por las botellas de vidrio¹.

Durante los siguientes años adquiere valiosos contratos para suministrar envases y tapas a multinacionales ubicadas en la zona industrial de Cartagena dedicadas a la fabricación y comercialización de hidrocarburos y sus derivados.

A mediados de los años 90 Corplas se encuentra posicionada como uno de los primeros fabricantes de envases plásticos en PEAD y PVC. En la costa caribe Colombiana. Se había expandido y del mercado de los hidrocarburos pasó a participar fuertemente en los mercados farmacéuticos y de alimentos, con envases en PVC. Estos luego se verían reemplazados con la aparición del PET (*Polyethylene Terephthalate*). Y el sector agroquímico con envases en PEAD.

A finales de los años 90's Corplas ya cuenta con 13 líneas de producción, divididas en los procesos de: Biorentado, Extrusión Soplado, Inyección e impresión.

En ese momento se comenzaba a marcar una tendencia mundial para reemplazar los envases de PVC con envases PET, un material que entregaba envases mucho más transparentes y brillantes que los de PVC así como características de resistencia química y física superiores. Corplas siempre comprometida con ofrecer a sus clientes productos novedosos y de altas características de calidad, comienza con la adquisición de equipos y moldes para el

¹ Fuente. Manual de calidad Corplas S.A.S.

procesamiento del PET. El inicio fue duro, el alto costo de la inversión limitó la expansión y fue necesario arrancar sin todas las herramientas necesarias para el correcto funcionamiento. Tan solo después de 2 años Corplas ya contaba con 6 inyectoras para la fabricación de preformas PET de tecnología asiática y una sopladora automática de envases de procedencia española.

El año 2003 marcó una tendencia en el desarrollo de Corplas. En su búsqueda de ofrecer productos de alta calidad ajustados a los más altos estándares internacionales, adquiere su primera inyectora y molde de preforma de una reconocida marca Alemana. Con expulsión con robot y control de alta precisión para la fabricación de preformas PET a altas velocidades. La nueva máquina y el molde logran fabricar lo que hasta ese momento hacían 4 de sus inyectoras, además del aumento de capacidad podía ofrecer un producto con características de calidad de estándares internacionales.

Ese mismo año certificó su sistema de calidad con respecto a la norma internacional-ISO 9001:2000 para la producción y comercialización de envases, preformas de envase y tapas termoplásticas.

A comienzos del 2004 adquiere nueva maquinaria alemana y amplía sus operaciones a la ciudad de Barranquilla donde inicia operaciones de soplado de preformas PET para atender a clientes estratégicos localizados en Barranquilla y Medellín. Ese año arranca operaciones con 3 máquinas automáticas de procedencia europea y una semiautomática de tecnología asiática. Las 4 máquinas tenían capacidad de fabricar 4 millones de envases PET al mes.

En el año 2006 automatiza sus procesos de impresión de envases en PEAD adquiriendo maquinaria de tecnología europea y mejorando el secado y la adherencia de las tintas, con la implementación de hornos de secado con luz ultravioleta.

En el 2008 las mejoras en impresión le permiten firmar contrato como proveedor de envases PET impresos de una importante multinacional dedicada a la fabricación de cosméticos.

Hoy Corplas cuenta con 31 líneas de producción en la planta de Cartagena y 8 líneas de producción en la planta de Barranquilla de la más alta tecnología, con capacidad de procesar más de 400 toneladas y soplar más de 7 millones de envases de PET, PEAD y PP.

Cuenta con clientes en todo el territorio nacional y exporta a clientes en Centro y Suramérica.

Cuenta con la última tecnología para el diseño y fabricación de moldes de soplado e inyección de excelente calidad. Utilizando software especializado para la elaboración de moldes. Centro de mecanizado, tornos de control numérico y demás herramientas.

Sus productos están fabricados con las mejores resinas del mercado, dentro de sus principales proveedores de materias primas se encuentran: Chevron Phillips, Exxon Mobil y Texaco.

Productos y servicios que hoy ofrece:

- Envases y tapas en polietileno y polipropileno entre 30cc. Y 20lts para lubricantes, agroquímicos, cosméticos y alimentos.
- Botellas en pet y preformas, para alimentos, agroquímicos, aceites, hogar y cosméticos.
- **Protectores de rosca.**
- Accesorios.
- Asesoría de envasados.
- Solución integral de empaque y envase (etiquetado e impresión).
- Diseño y fabricación de moldes.

Imagen 1. Productos fabricados por Corplas



Fuente. Página web: www.corplas.com

Para Corplas, el compromiso de su alta dirección en adquirir equipos de última tecnología, la calidad humana de todos los miembros de su equipo de trabajo y el trabajo conjunto al lado de sus principales clientes en desarrollar soluciones de empaques eficientes e innovadoras, han marcado el crecimiento constante y sostenido de la organización.

2. NO CONFORMIDAD DEL PROTECTOR DE ROSCA - DIAGNÓSTICO DE CAUSAS.

Un protector de rosca es una pieza que puede ser fabricada de plástico, metal o de una combinación de ambos, dependiendo del uso, el tipo de rosca y tubería que se desee proteger. Se utiliza principalmente para proteger la rosca de la tubería durante el almacenamiento y transporte.

Son utilizados con frecuencia en la industria del petróleo y el gas para proteger las tuberías durante el transporte y su almacenamiento en los campos de explotación. En este tipo de industria la parte más importante del tubo roscado es precisamente la rosca, de esta depende la resistencia de la junta². Es necesario mantener la rosca asilada y protegida de la humedad y el polvo para garantizar las propiedades del acero y evitar rupturas del mismo durante su uso.

Imagen 2. Protectores de tubería roscada.



Fuente. <http://msiproducts.com/products>

² Unión de tubos para formar grandes segmentos de tubería para transportar hidrocarburos.

Imagen 3. Almacenamiento de tubos en campos de explotación con protectores colocados.



Fuente. http://www.drilltec.com/thread_protectors.html

El protector de plástico es fabricado mediante un proceso de moldeo por inyección, el cual utiliza una maquina inyectora y un molde con la forma del protector para fabricar la pieza.

2.1. ¿Qué es el moldeo por inyección?

Es un proceso en donde el polímero termoplástico, granulado, es ingresado a una máquina inyectora y convertido en una masa fundida homogénea, luego es inyectado a altas presiones hacia un molde cerrado. En este molde, el fundido es enfriado y solidificado adquiriendo una forma definida.

2.1.1. Etapas del proceso de inyección.

A siguientes son las etapas en secuencia de un proceso de moldeo por inyección:

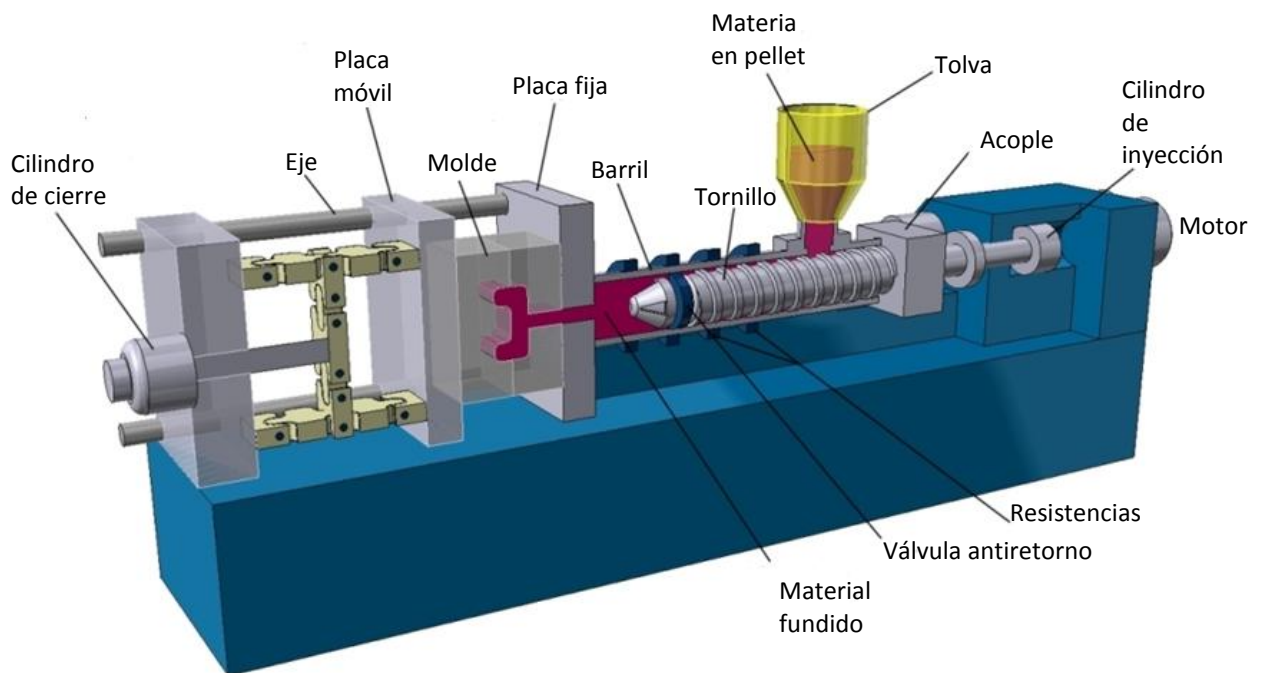
1. **Plastificación:** El material se alimenta, se funde y acumula.
2. **Inyección:** El material fundido se empuja al interior del molde para llenarlo completamente y para alcanzar el peso requerido de la pieza
3. **Enfriamiento:** El material se solidifica.
4. **Apertura, expulsión y cierre:** La pieza formada se expulsa y se vuelve a cerrar el molde para volver a iniciar un nuevo ciclo.

El proceso de inyección es llevado a cabo en una sola célula de trabajo la cual es la maquina inyectora y utiliza una herramienta para determinar la forma final que se desea moldear por medio de la inyección del plástico fundido en un molde.

2.1.2. La máquina Inyectora

La imagen 4 señala las partes principales que componen una maquina inyectora de plásticos.

Imagen 4. La máquina inyectoras y sus partes

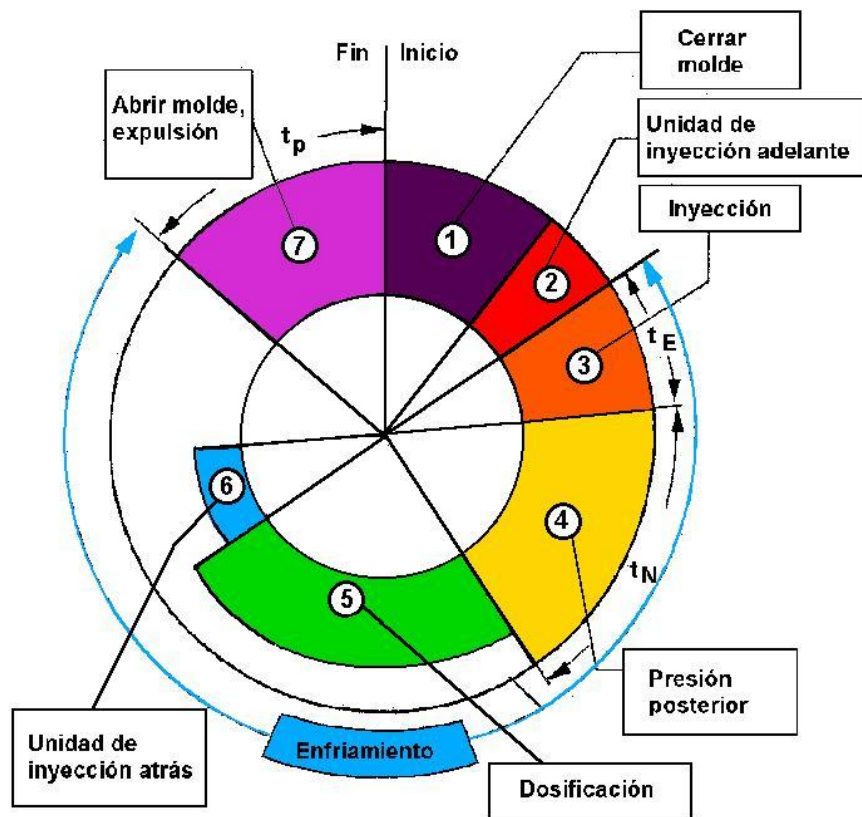


Fuente. <http://www.crown-cm.com/plastic-injection-molding.asp>

2.1.3. El ciclo de inyección

El siguiente diagrama describe en detalle la secuencia lógica con actividades en serie y paralelo de un ciclo de inyección, así como la proporción de tiempo de cada una.

Imagen 5. El ciclo de inyección.



Fuente. Material de capacitación Corplas S.A.S.

Los protectores de tubería fabricados por Corplas cumplen exactamente este ciclo de proceso y utilizan el mismo tipo de máquina para todas las referencias. Para cambiar de una referencia a otra solo se realiza un cambio de molde.

2.1.4. El molde de inyección.

El molde o herramienta es el espacio donde se le da forma al plástico fundido, sus piezas internas definen la forma final del producto moldeado. Mediante el uso de canales de refrigeración se enfría el material y se endurece para poder expulsarlo en su forma final.

2.1.5. Las partes de un molde de inyección

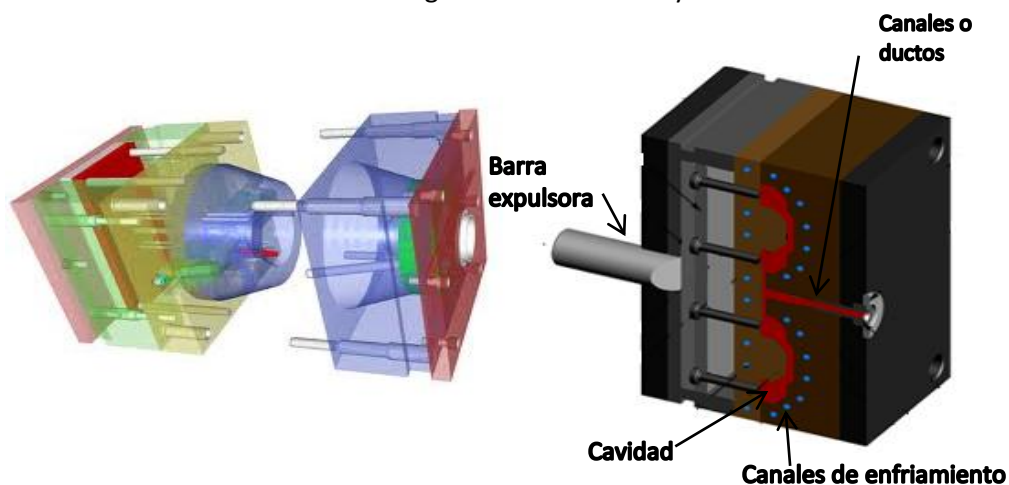
Cavidad: Es el volumen en el cual la pieza será moldeada.

Canales o ductos: Son conductos a través de los cuales el polímero fundido fluye debido a la presión de inyección. El canal de alimentación se llena a través de la boquilla, los siguientes canales son los denominados bebederos y finalmente se encuentra la compuerta.

Canales de enfriamiento: Son canales por los cuales circula refrigerante (el más común agua) para regular la temperatura del molde. Su diseño es complejo y específico para cada pieza y molde, esto en vista de que la refrigeración debe ser lo más homogénea posible en toda la cavidad y en la parte fija como en la parte móvil, esto con el fin de evitar los efectos de contracción diferencial. Cabe destacar que al momento de realizar el diseño de un molde, el sistema de refrigeración es lo último que se debe diseñar.

Barras expulsoras: al abrir el molde, estas barras expulsan la pieza moldeada fuera de la cavidad, pudiendo a veces contar con la ayuda de un robot para realizar esta operación.

Imagen 6. El molde de inyección



Fuente. <http://www.promosal.net>

Los molde de los protectores de tubería roscado son del tipo de 3 platos³, con colada fría⁴, lo que significa que existe un remanente de plástico enfriado en los canales de distribución que será expulsado con la pieza final. Cuentan con un mecanismo de desenrosque hidráulico que permite una fabricación y expulsión limpia de la rosca interna en la pieza. La rosca del protector debe tener el mismo perfil de la rosca del tubo de acero, un buen sistema de desenrosque en el molde permitirá un correcto acople entre protector y tubo.

Imagen 7. Fotos de moldes de inyección para protectores de tubería diseñados y fabricados en Corplas



Fuente. Foto tomada en el taller de moldes de Corplas.

³ Molde de tres platos es aquel como su nombre lo indica usa tres placas para fabricar el producto.

⁴ Molde de colada fría es aquel que enfría el plástico remanente en los canales de llenado.

2.2. La materia prima

Debido a las duras condiciones ambientales y a los esfuerzos mecánicos a los que será sometido el protector, se usa un Polietileno de alta densidad de las más altas especificaciones.

La tubería roscada es enviada a diferentes países del mundo donde se encuentran campos de explotación petrolera y de gas, algunos de ellos en desiertos donde los altos grados de radiación ultravioleta rompen las cadenas del polímero plástico del que está hecho el protector y lo vuelven quebradizo. Para ayudar a mantener las propiedades mecánicas del polietileno se le adiciona un aditivo UV durante el proceso de inyección junto con el polietileno de alta densidad y el marter batch⁵ para dar el color final de acuerdo a las especificaciones del cliente.

2.3. El control de la calidad

A continuación se describe el procedimiento interno usado en Corplas para el control de calidad de los protectores de tubería.

Corplas basa su sistema de inspección y control de calidad en inspecciones enfocadas tanto al producto proceso como al producto terminado.

2.3.1. Inspección en proceso

Un inspector en planta debe realizar las siguientes actividades:

1. Verificar que el producto que está saliendo de la maquina este conforme, lo hace mediante revisión visual de atributos, pruebas funcionales y toma de medidas. El detalle para los atributos, las variables a controlar y las pruebas funcionales que debe pasar se encuentran condensadas en la ficha técnica del producto. (Anexo 1)

⁵ Presentación en pellet para colorantes plásticos que le definirán el color de la pieza a inyectar.

2. Revisar que la materia prima disponible en cada máquina esté identificada, no tenga contaminación y se encuentre bien sellada.
3. En el arranque de la máquina, verificar que la formulación del producto sea la correcta con relación a lo estipulado en la orden de producción y se asegura que la máquina tenga su Orden de Producción; máquina que no tenga Orden de Producción no debe arrancar.
4. Definir el estado del producto en proceso al momento del arranque verificando el cumplimiento de dimensiones, atributos y funcionalidad. De acuerdo a lo analizado anteriormente, autoriza o no el arranque y empaque del producto. En el Laboratorio se debe mantener una muestra del arranque del producto hasta que finalice la producción para efectos de trazabilidad.
5. Informar al Supervisor de Planta y/o al Operador y al Jefe de Control de Calidad, sobre las No Conformidades que encuentra y dependiendo de la criticidad de la No Conformidad, procede a retener y/o a rechazar el producto en cuestión, siguiendo el procedimiento de Control de Producto No Conforme.

2.3.2. Inspección del producto terminado

El Inspector de Planta debe realizar las siguientes actividades.

1. Definir el estado del producto terminado de acuerdo a la Norma NTC 2859-1 (planes de muestreo determinados por el nivel aceptable de calidad para inspección lote a lote). Esta inspección es solo visual y corresponde a la revisión de la conformidad de atributos.
2. Verificar que el empaque sea el adecuado para cada producto, de acuerdo a la ficha técnica del mismo.
3. Una vez definido el estado del producto, debe identificar el producto terminado como Aprobado con la etiqueta verde de aprobación; en el evento que el producto no cumpla con las especificaciones de calidad requeridas, identificar el producto con una etiqueta amarilla de Retenido para una nueva revisión o evaluación; y si definitivamente el producto no es apto para aprobar, identificar la producción con una etiqueta roja de rechazado.

4. En caso de encontrar producto para retención o rechazo, debe seguir el procedimiento de Control de Producto No Conforme. El Inspector de Planta y el Jefe de Control de Calidad es el único autorizado para certificar el producto como Aprobado, Retenido o Rechazado.
5. Al momento de enviar el producto al cliente, el Jefe de Despachos descarga de la base de datos el certificado de Calidad del producto a despachar, en caso de presentarse algún inconveniente con el sistema se solicita al Auxiliar de Laboratorio, o en su ausencia al Jefe de Control de Calidad, se envía al cliente el original, y se archiva en el Sistema.

Después de pasar los controles descritos, el producto es despachado con las identificaciones y documentos correspondientes que permitirán realizar la trazabilidad en caso de presentarse alguna no conformidad u observación por parte del cliente.

2.4. Los protectores de rosca y su aparición en Corplas.

La fabricación de protectores en Corplas arranca a mediados del año 2004, Cuando se identifica la necesidad de una empresa local de adquirir piezas plásticas para proteger las roscar de los tubos de acero que fabricaba. En un principio el cliente colocó sus propios moldes para la fabricación de las piezas, en ese momento solo fabricaba dos referencias 2 3/8 y 2 7/8.

Los moldes provenían de otra empresa dedicada a la fabricación de piezas plásticas y ya presentaban signos de desgaste en sus piezas internas lo que dificultó el arranque. Al comienzo fue duro, las piezas no salían conformes, después de 24 hrs. de ser inyectadas se colapsaban y la boca del protector se ovalaba impidiendo un correcto roscado, protectores con rebabas piezas, incompletos etc.

A pesar de cumplir con los mismos principios del proceso de moldeo por inyección de tapas pequeñas, que era lo que estaba acostumbrado a fabricar Corplas, la fabricación de protectores marcó un nuevo camino en el proceso de aprendizaje de esta organización. Las presiones, el enfriamiento las velocidades, los movimientos de la máquina... Todos los

parámetros de proceso debían ser diferentes si se querían producir piezas conformes permanentemente.

Después de 4 meses de ensayos para ajustar las condiciones de proceso ideales y de realizar una reparación a los moldes de inyección, Corplas entrega su primera orden de pedido.

Imagen 8. Protectores de tubería fabricados por Corplas



Fuente. Fotografía tomada en las instalaciones de Corplas

Durante los primeros 2 años del negocio se obtienen excelentes resultados en cuanto a cumplimiento de las especificaciones exigidas y la oportunidad en la entrega de protectores, lograda por un enlace estratégico entre las áreas de planeación de ambas compañías.

En el año 2007 Corplas diseña y fabrica sus primeros 2 moldes para la fabricación de protectores y pasa a proveer la referencia de 5 ½" para proteger rosca y acople. El año siguiente fabrica otros dos moldes para las referencias 3 ½ y 4 ½ . El negocio que había arrancado con solo dos referencias que representaban de 8 a 10 tons mensuales ya iba en 5 referencias que se traducían en 35 tons/mes.⁶

A finales de ese año solo la cuenta de los protectores representaba el 20% del total de la facturación de Corplas.⁷

⁶ Fuente. Informes de producción Corplas

⁷ Fuente. Informes de ejecución de presupuesto de ventas Corplas.

A finales del año 2008 es reportada una no conformidad en una de las referencias fabricada con uno de los moldes nuevos. Los protectores se comenzaron a romper a las pocas semanas de ser colocadas en el tubo. Su cliente tuvo reclamos en varios países el mundo y enfrentó devoluciones importantes. Dada la importancia de la rosca en la extracción del petróleo cada tubo o arrume de tubos que sea recibido con exposición parcial o total de la rosca es rechazado. El que el problema se presentará semanas después del uso del protector agravó más la situación y aumento de manera importante el impacto en costos del problema de calidad.

Imagen 9. Fotos de la no conformidad, tubos almacenados en las instalaciones del cliente.



Fuente. Imagen extraída del formato de reclamo enviado por Tenaris a Corplas.

Ese mismo año su cliente es adquirido una importante multinacional, líder en la fabricación de tubería roscada para la extracción de petróleo. El cambio de administración coincide con el problema de calidad y debido al impacto, Corplas es bloqueada como proveedor aprobado hasta que se realice una investigación y se demuestre que la causa o causas del problema están controladas.

Después de realizar las investigaciones del caso se presentó al cliente el siguiente análisis de causa raíz con su respectivo plan de acción, para corregir la no conformidad reportada.

Causas

- Concentración de aditivo UV inadecuada para las necesidades del cliente.
- Exceso de torque al roscar el protector al tubo, somete a tensiones que ocasiona ruptura en la pared del protector plástico.
- Diseño deficiente, pared muy delgada.

Plan de Acción

Tarea	Responsable
Implementar el uso de aditivo engage, para mejorar la resistencia al impacto y la tensión.	CORPLAS
Comprar resina con grado de aditivo UV superior a 8	CORPLAS
Aumentar el espesor de pared en los protectores, para contrarrestar el esfuerzo que hace la rosca del tubo y alargar la vida del aditivo UV.	CORPLAS
Asegurarse al enroscar no se exceda el torque de 50 ft/lbs en protectores de 2 3/8 y 2 7/8	TENARIS
Almacenar los protectores protegiéndolos de la luz solar y así evitar que el protector pierda resistencia a los rayos UV mientras no está colocado sobre el tubo	TENARIS

Tabla1. Plan de acción no conformidad ruptura de protector año 2008.

Corplas entregó las evidencias del cumplimiento de los planes, aun así y debido al fuerte impacto del problema que seguía trayendo reclamaciones de los usuarios finales de la tubería roscada por tubos que seguían en la cadena de suministro con protectores no conformes, la decisión de la nueva administración siguió siendo la de bloquear a Corplas como proveedor de protectores.

Un año después de haberse presentando la no conformidad y después de que su cliente evaluara las diferencias en precios y rotación de inventario de comprar en Corplas vs México o Argentina. Tenaris y Corplas vuelven a tener un acercamiento en la búsqueda de una solución definitiva que avalará a Corplas como un proveedor confiable de protectores.

Es en este momento donde Corplas asume el reto de certificar todas sus referencias de protectores de cuerdo a la Norma ISO 11960:2011⁸ basada en los estándares americanos de la API⁹ la cual especifica el grado de calidad y funcionalidad para los protectores de rosca de tubería roscada. Tenaris se compromete a aprobar a Corplas como proveedor, una vez certifique que no solo ha superado el problema de la ruptura sino, que todas sus referencias cumplen con los estándares PSL¹⁰-1 y PSL-2 (*Estos son los grados más altos de calidad para este tipo de piezas*) descritos en la norma.

Tenaris ha establecido para todas sus plantas de roscado en el mundo, que a partir de febrero de 2012 todos los proveedores de protectores de tubería deben tener certificados sus productos bajo los estándares de la norma.

Al final de este capítulo podemos concluir que el camino hacia la certificación de la norma ISO 11960. Se convirtió en un reto para Corplas, no solo para recuperar la cuenta de Tenaris sino para marcar una fuerte diferenciación como fabricante de protectores de tubería ya que a la fecha ninguna planta de protectores de tubería en Latinoamérica certifica sus productos bajos los estándares de esta norma.

8 Norma ISO 11960:2011 Petroleum and natural gas industries -- Steel pipes for use as casing or tubing for wells

9 API: American Petroleum Institute

10 PSL: Product Standard Level

3. DISEÑAR EL PLAN DE MEJORA

El plan de trabajo está basado en la experiencia que tiene Corplas en la fabricación de piezas inyectadas y lo aprendido hasta hoy sobre los protectores de tubería roscada. Todo ajustado a los requerimientos de La norma ISO 11960. Será llevado a cabo por un equipo interdisciplinario conformado por los líderes de las áreas de Producción, Calidad y Mantenimiento.

La siguiente tabla resume el grado de cumplimiento de Corplas en relación a la norma.

Req No.	Numeral Norma	Descripción	Cumple
1	12.2.1	El protector debe estar diseñado para cubrir toda la longitud externa de la rosca y prevenir la filtración de humedad y polvo durante el transporte y periodos normales de almacenamiento. (1 año)	SI
2	12.2.2	El materia del protector debe estar libre de compuestos que causen corrosión o daños a la rosca del tubo. El material debe soportar temperaturas entre -46 °C hasta +66 °C.	SI
3	I.1.6	El material del protector debe contener un aditivo que lo proteja de la luz ultravioleta para que conservar sus propiedades por periodos no inferiores a un año. (Ver Anexo 2. Ficha técnica resina)	SI
4	I.1.7	El protector no se debe ver afectado por solventes como el ACPM, Varsol, Acetona o el compuesto de rosca)	SI
5	I.3	Cada protector debe estar correctamente identificado de acuerdo a su referencia.	NO
6	I.4	Prueba de estabilidad dimensional.	NO
7	I.5	Prueba de Torque y vibración	NO
8	I.6	Prueba de impacto axial	NO
9	I.7	Prueba de impacto angular	NO
10	I.8	Prueba de corrosión	NO
11	I.9	Prueba de stripping (Jalado)	NO
12	I.10	Prueba de Hookability (Enganchado)	NO

Tabla 2. Grado de cumplimiento de Corplas de los estándares de la Norma ISO 11960

3.1. Plan de mejoramiento

A continuación se detalla el plan de trabajo a seguir dar cumplimiento a los requerimientos no cumplidos.

Req. Norma	Tarea	Responsable
I.3	Realizar propuesta de marcado en los protectores y enviar plano al cliente para su aprobación.	Diseñador
12.2.2	Definir el tipo polietileno, master batch y aditivos para la fabricación del protector	Jefe de Producción
12.2.2	Crear las nuevas formulaciones con las que se inyectará el protector.	Jefe de Producción
12.2.2	Solicitar los materiales y garantizar su disponibilidad para los ensayos.	Jefe de Producción
12.2.2	Entregar lista de materiales definitiva a planeación y compras para la simulación de MRP en futuros pedidos.	Jefe de Producción
12.2.2	Programar los ensayos de inyección en máquina.	Ingeniero de planeación
12.2.2	Realizar las corridas de inyección y registrar las condiciones de operación de acuerdo a los objetivos de productividad esperados para cada referencia.	Jefe de Producción
Anexo I	Realizar y entregar los presupuestos para aprobación. Para la fabricación de los equipos necesarios de acuerdo a los requerimientos de la norma.	Líder de Mantenimiento
I.6 / I.7	Fabricar estación de impacto para pruebas axiales y angulares.	Líder de Mantenimiento
I.5	Fabricar mesa de vibración con frecuencia no inferior a 900 rpm	Líder de Mantenimiento
I.9	Fabricar máquina para prueba de stripping	Líder de Mantenimiento
I.10	Fabricar máquina para prueba de Hookability	Líder de Mantenimiento
Anexo I	Diseñar y Realizar las pruebas de laboratorio registrar los resultados y retroalimentar a todo el equipo de trabajo.	Jefe de Calidad

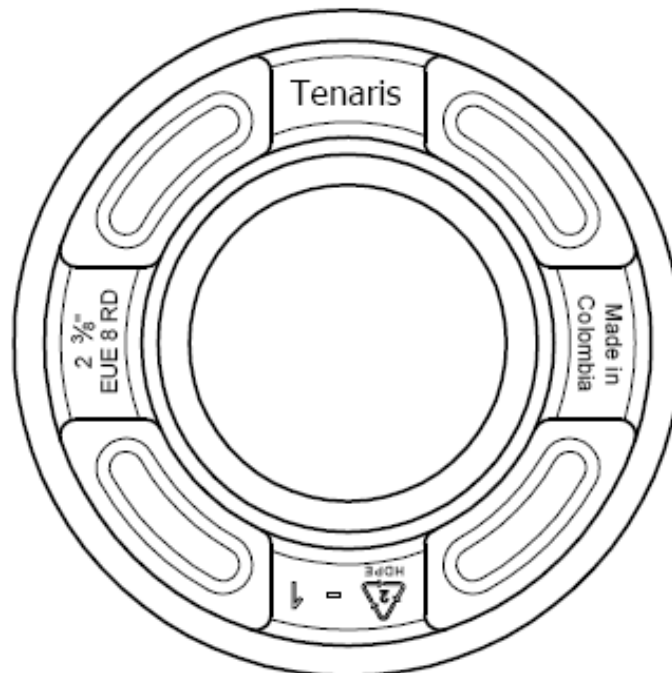
Anexo I	Solicitar al cliente puntas de tubo roscadas por lo menos 4 por cada referencia de protector.	Jefe de Calidad
Anexo I	Garantizar que todos los materiales y herramientas de medición se encuentren disponibles al momento de los ensayos. Calibrador, termómetro, Torquimetro ect.	Jefe de Calidad
Anexo I	Crear especificaciones finales y enviar al cliente para su aprobación.	Jefe de Calidad
Anexo I	Enviar muestra finales al cliente para su aprobación.	Jefe de Calidad

Tabla 3. Plan de trabajo para cumplimiento de estándares Norma ISO 11960.

3.2. Propuesta de identificación.

Para dar cumplimiento al numeral 3 del anexo I de la norma ISO 11960, a continuación se muestra la propuesta de identificación.

Imagen 10. Propuesta de identificación en el protector



Fuente. Plano entregado por el departamento de diseño Corplas

3.3. Pruebas NORMA ISO 11960

3.3.1. Prueba de estabilidad dimensional.

Descripción

Se deben verificar las variables de control a las siguientes temperaturas -46°C +66°C y ambiente. La prueba es aprobada si en las diferentes temperaturas todas las medidas se encuentran dentro de especificaciones. Garantizando la funcionalidad de la pieza.

Procedimiento

1. Seleccionar aleatoriamente muestra para medición. No menos de 15 unidades por cavidad.
2. Realizar las mediciones a temperatura ambiente y registre los datos para las 3 variables de control.
3. Meter los protectores en el horno y calentar hasta que alcancen una temperatura de 66 °C. Medir y registrar los datos de las 3 variables de control.
4. Meter los protectores en una nevera con hielo frío, usar el termómetro de contacto para verificar la temperatura de la superficie del protector, una vez alcanzada una temperatura de -44 °C medir la pieza y registrar los datos para las 3 variables de control.
5. Una vez recolectada toda la información tabular los datos y comparar con las especificaciones para cada variable.
6. En caso de presentar desviación identifique a cuál de las temperaturas se modifica y corrija la formulación y/o el proceso de inyección.

3.3.2. Prueba de torque y vibración.

Descripción

Se debe conseguir puntas de tubos roscadas con el diámetro de la referencia que se desee probar. Se rosca el protector en el tubo y se torquea hasta alcanzar el valor real usado en la línea de roscado del cliente. Los cuales especifican en la tabla 3. (Se debe realizar torque con el protector a -46 °C, +66 °C y temp. ambiente). La prueba de torque es aprobada si el protector no se rompe al alcanzar el valor seteado. Se procede a colocar el protector en la máquina de vibración y se deja correr 1 millón de ciclos a no menos de 900 RPM. La prueba es aprobada si el desplazamiento vertical no sobrepasa los 8.4 mm.

Protector	Torque (ft/lb)
2 3/8	50
2 7/8	50
3 1/2	70
4 1/2	70
5 1/2	70

Tabla 4. Valores de torque por referencia usados por Tenaris en su línea de roscado.¹¹

Procedimiento

1. Seleccionar aleatoriamente muestra para medición. No menos de 5 unidades por cavidad.
2. Setear la temperatura deseada.
3. Sujetar la punta del tubo con una prensa y colocar manualmente el protector en la rosca hasta su ajuste.
4. Ajustar el Torquimetro al valor deseado y colocar la herramienta en la base del protector para hacer el ajuste.
5. Una vez alcanzado el torque se verifica que el protector no este roto o rajado producto del esfuerzo. Se registra el resultado y se baja la punta con el protector colocado para la

¹¹ Fuente. Planta de roscado Tenaris.

prueba de vibración. (Si el protector se rompe o presenta grietas, se debe revisar el diseño, formulación y/o proceso y repetir el ensayo)

6. Se monta la punta del tubo sobre la mesa de vibración, se amarra y se marca hasta donde bajó el protector en la rosca para poder medir el desplazamiento. Se deja correr por 1 millón de ciclos a no menos de 900 RPM.
7. Una vez cumplidos los ciclos, se saca de la mesa y se mide la posición final en relación a la marca y se tabulan los resultados. Si alguna muestra supera los 8.4mm de desplazamiento se debe revisar el diseño y repetir la prueba.

3.3.3. Prueba de impacto axial

Descripción

Con el protector colocado en la punta del tubo roscado y torqueado de acuerdo a los valores especificados en la tabla 4. Antes se debe haber llevado a las mismas tres temperaturas especificadas en la prueba de torque. Luego es sometido a un impacto que libera una determinada cantidad de energía, cada referencia debe soportar la energía especificada (Ver tabla 5) y proteger la rosca del impacto. La prueba es aprobada si el protector no se rompe o se sale del tubo después del impacto.

Minima energía al impacto axial (joules)		
Temperatura al torquar (°C)	Protectores ≤ 3 1/2	Protectores > 3 1/2 hasta 8 3/4
66	407	1627
Ambiente	407	1627
-46	230	814

Tabla 5. Valores de energía para la prueba de impacto axial¹²

¹² Fuente anexo I norma ISO 11960

Nota: La estación de impacto cuenta con un peso constante, mediante la modificación de la altura se obtienen los valores de energía deseados usando la formula.

E: mgh

m: peso de la masa en kg.

g: aceleración de la gravedad en m/s²

h: altura del peso en metros.

Procedimiento

1. Seleccionar aleatoriamente muestra para medición. No menos de 5 unidades por cavidad.
2. Setear la temperatura deseada.
3. Sujetar la punta del tubo con una prensa y colocar manualmente el protector en la rosca hasta su ajuste.
4. Ajustar el Torquimetro al valor deseado y colocar la herramienta en la base del protector para hacer el ajuste.
5. Una vez alcanzado el torque se verifique que el protector no este roto o rajado producto del esfuerzo.
6. Coloque la punta del tubo en la base de la estación de impacto. El tubo debe ser colocado perpendicular al suelo (90°)
7. Setear la altura del peso de usando la fórmula de Energía de acuerdo a la tabla 4.
8. Dejar caer el peso libremente y observe y tabule el resultado.

3.3.4. Prueba de impacto angular.

Descripción

Con el protector colocado en la punta del tubo roscado y torquizado de acuerdo a los valores especificados en la tabla 4. Antes se debe haber llevado a las mismas tres temperaturas especificadas en la prueba de torque. Luego es sometido a un impacto que libera una determinada cantidad de energía, cada referencia debe soportar la energía especificada (Ver

tabla 5) y proteger la rosca del impacto. La prueba es aprobada si el protector no se rompe o se sale del tubo después del impacto.

Mínima energía al impacto angular (joules)		
Temperatura al torquear (°C)	Protectores ≤ 3 1/2	Protectores > 3 1/2 hasta 8 3/4
66	203	814
Ambiente	203	814
-46	115	407

Tabla 6. Valores de energía para la prueba de impacto angular¹³

Nota: La estación de impacto cuenta con un peso constante, mediante la modificación de la altura se obtienen los valores de energía deseados usando la fórmula:

E: mgh

m: peso de la masa en kg.

g: aceleración de la gravedad en m/s²

h: altura del peso en metros.

Procedimiento

1. Seleccionar aleatoriamente muestra para medición. No menos de 5 unidades por cavidad.
2. Setear la temperatura deseada.
3. Sujetar la punta del tubo con una prensa y colocar manualmente el protector en la rosca hasta su ajuste.
4. Ajustar el Torquimetro al valor deseado y colocar la herramienta en la base del protector para hacer el ajuste.

¹³ Fuente. Anexo I norma ISO 11960

5. Una vez alcanzado el torque se verifique que el protector no este roto o rajado producto del esfuerzo.
6. Coloque la punta del tubo en la base de la estación de impacto. El tubo debe ser colocado en un ángulo de 45°.
7. Setear la altura del peso de usando la fórmula de Energía de acuerdo a la tabla 5.
8. Dejar caer el peso libremente y observe y tabule el resultado.

3.3.5. Prueba de corrosión.

Descripción

Someter al protector plástico a solventes por un periodo de tiempo determinado y verificar si su dureza se mantiene.

Procedimiento.

1. Sumergir los protectores durante un periodo de 24 hrs. en cada uno de estos solventes y verificar que la dureza de la pieza se mantenga. Sino se debe replantear la formulación y el proceso de inyección.

3.3.6. Prueba de stripping (Jalado)

Descripción.

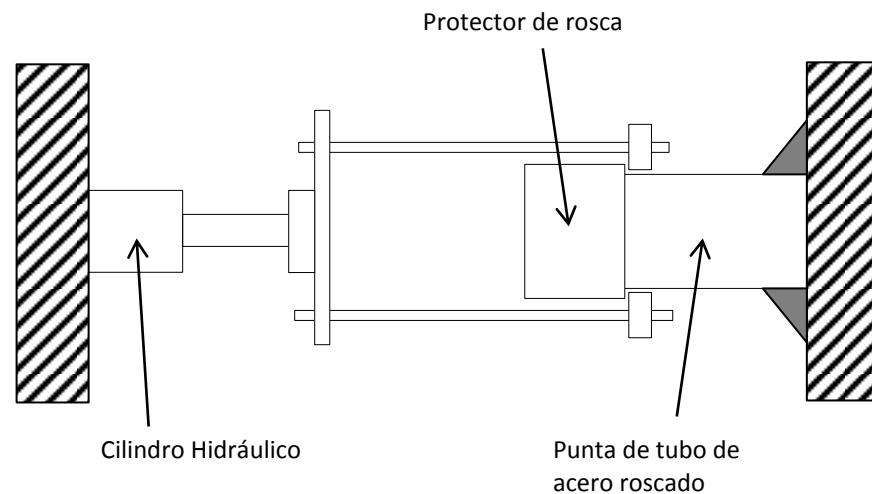
Con el protector colocado en la punta del tubo roscado y torquedo de acuerdo a los valores especificados en la tabla 4. (Cada prueba con el protector a -46 °C , 66 °C y temp. Ambiente)
Asegurar la punta del pin y jalar el protector desde su base con un dispositivo hidraulico (Ver imagen 8). El protector debe resistir el efecto de jalado. La prueba aprobada si el protector se

mantiene en la rosca y esta no sufre daño o deformación. Las presiones a soportar por cada referencia se detallan en la tabla 7.

Protector	Presión (lbs)
2 3/8	300
2 7/8	400
3 1/2	900
4 1/2	1200
5 1/2	1500

Tabla 7. Presiones prueba de stripping¹⁴

Imagen 11. Diagrama de máquina para stripping



Fuente. Diagrama descrito en la Norma ISO 11960

Procedimiento

1. Seleccionar aleatoriamente muestra para medición. No menos de 5 unidades por cavidad.
2. Setear la temperatura deseada.

¹⁴ Fuente. Valores acordados con Tenaris de acuerdo a la funcionalidad del protector.

3. Sujetar la punta del tubo con una prensa y colocar manualmente el protector en la rosca hasta su ajuste.
4. Ajustar el Torquimetro al valor deseado y colocar la herramienta en la base del protector para hacer el ajuste.
5. Una vez alcanzado el torque se verifique que el protector no este roto o rajado producto del esfuerzo.
6. Montar la punta del tubo con el protector y sujételo bien, arme el dispositivo de jalado y colocar la presión en el valor de acuerdo a la referencia de la tabla 6.
7. Accionar cilindro hidráulico y verificar resultados. El protector debe mantenerse en la rosca y esta no debe sufrir daño o maltrato alguno. De presentarse, se debe replantear el diseño y/o la materia prima y repetir el ensayo.

3.3.7. Prueba de Hookability (Enganchado)

Descripción

El fabricante del protector debe demostrar que este es enganchable sometiendo al protector a una prueba que simule el 150% de la carga real cuando esté colocado en un tubo y este sea enganchado para su manipulación. La prueba es aprobada si la rosca no sufre daños después de retirar el protector. Los valores para cada referencia son acordados en el cliente de acuerdo al peso y diámetro de cada tubo.

Protector	Presión (lbs)
2 3/8	300
2 7/8	400
3 1/2	900
4 1/2	1200
5 1/2	1500

Tabla 8. Presiones prueba de hookability¹⁵

¹⁵ Fuente. valores acordados con Tenaris de acuerdo a la funcionalidad del protector.

Procedimiento

1. Seleccionar aleatoriamente muestra para medición. No menos de 5 unidades por cavidad.
2. Sujetar la punta del tubo con una prensa y colocar manualmente el protector en la rosca hasta su ajuste.
3. Ajustar el Torquimetro al valor deseado y colocar la herramienta en la base del protector para hacer el ajuste.
4. Una vez alcanzado el torque se verifique que el protector no este roto o rajado producto del esfuerzo.
5. Montar la punta del tubo con el protector, armar el dispositivo de Hookability y enganchar la punta del tubo a un ángulo de 30° colocar la presión en el valor de acuerdo a la referencia de la tabla 6.
6. Accionar cilindro hidráulico y verificar resultados. El protector debe mantenerse en la rosca y esta no debe sufrir daño o maltrato alguno. De presentarse, se debe replantear el diseño y/o la materia prima y repetir el ensayo.

Nota: los valores registrados para algunas de las pruebas, así como las desviaciones a algunos de los procedimientos de la Norma, fueron previamente acordados entre Corlas y su cliente de acuerdo a sus necesidades específicas en cuento a la funcionalidad y el uso del protector en su planta.

3.4. Presupuesto plan de mejoramiento.

A continuación se detalla el costo de la implementación del plan de mejora.

<u>PRESUPUESTO PLAN DE TRABAJO</u>			
ACTIVIDAD			
Pruebas Norma ISO 11960:2011			
MATERIALES	CANT.	V/UNITARIO	TOTAL
Calibrador digital de 8 pulgadas	2	600.000	1.200.000
Horno con control de temperatura	1	1.200.000	1.200.000
Termómetro digital de contacto	1	220.000	220.000
Bascula digital de 5000grs	1	3.500.000	3.500.000
Paquete de hielo seco	20	35.000	700.000
Torquimetro manual	1	175.000	175.000
Cruceta de acople para torque	1	80.000	80.000
Fabricación a todo costo mesa de vibración	1	2.500.000	2.500.000
Fabricación a todo costo estación de impacto	1	1.450.000	1.450.000
Fabricación a todo costo maquina con unidad hidráulica para stripping	1	6.000.000	6.000.000
Fabricación a todo costo maquina con unidad hidráulica para Hookability	1	6.000.000	6.000.000
TOTAL MATERIALES			23.025.000
ADECUACIÓN			
DESCRIPCIÓN			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNIT	TOTAL
Instalación de equipos en la planta y laboratorio	1	2.500.000	2.500.000
			2.500.000
MONTAJE O MANO DE OBRA			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNIT	TOTAL
Horas hombre personal de mantenimiento, producción, taller y laboratorio	1	10.000.000	10.000.000
TOTAL MANO DE OBRA			10.000.000
SUBTOTAL			35.525.000
IMPREVISTOS	10%		3.552.500
GRAN TOTAL			\$ 39.077.500

El costo aproximado de la inversión es de 40 millones de pesos. La implementación del plan podría representar la recuperación de una cuenta de 5.000 millones de pesos anuales.¹⁶

¹⁶ Fuente. Informes financiero Corplas.

4. IMPLEMENTACIÓN E IMPACTO

Los protectores de rosca inyectados con moldes diseñados y fabricados por Corplas.

- Hembra 2 3/8
- Hembra 2 7/8
- Hembra 3 1/2
- Hembra 4 1/2
- Hembra 5 1/2

Fueron probados de acuerdo a los requerimientos definidos en el Anexo I de la norma ISO 11960 para protectores PSL-2 y PSL-3 pasando todas las pruebas a las cuales fueron sometidos.

Estos protectores están diseñados de acuerdo a las exigencias expuestas en el numeral 12.2.1 ISO11960. Para protectores PSL-1. Cubren toda la longitud externa de la rosca y previenen la filtración de humedad y polvo durante el transporte y periodos normales de almacenamiento. (Periodos normales de almacenamiento pueden ser considerados aproximadamente de un año)

Son fabricados con resinas que permiten su uso en rangos de temperatura entre los -50 °C hasta los +66 °C sin perder su funcionalidad.

A su formulación se le agregó un aditivo para protegerlos contra la radiación ultravioleta, el cual le permite al protector conservar sus propiedades mecánicas durante periodos entre 12 y 48 meses de exposición a los rayos UV (La vida útil del aditivo depende de la cantidad de radiación a la que sea expuesta la pieza)

Son resistentes a solventes como el: ACPM, Varsol y el componente de rosca que se le coloca al tubo antes de colocar el protector.

4.1. Identificación de los protectores.

La propuesta de identificación descrita en el capítulo 3 fue aceptada por Tenaris y fue implementada para todas las referencias bajo estudio. La imagen 11, muestra un protector con la modificación.

Imagen 12. Protector con la identificación aprobada.



Fuente. Laboratorio Corplas

4.2. Ejecución de pruebas Norma ISO 11960

De acuerdo a la norma casi todas las pruebas deben ser ejecutadas simulando las condiciones ambientales más extremas. Cada ensayo fue realizado 3 veces uno para cada temperatura $-46\text{ }^{\circ}\text{C}$, $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ y temperatura ambiente ($32\text{ }^{\circ}\text{C}$). A continuación se muestran imágenes de como Corplas logró la simulación de frío y calor.

Imagen 13. Protectores en hielo seco para bajar su temperatura hasta $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$



Fuente. Foto tomada en el laboratorio de Corplas

Imagen 14. Protectores en horno sometidos $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura antes de probar



Fuente. Foto tomada en el laboratorio de Corplas

4.2.1. Resultados prueba de estabilidad dimensional.

Después de programados los ensayos de inyección se tomaron 15 muestras aleatorias por cavidad y se realizaron las mediciones por parte del personal de laboratorio de Corplas. Los resultados para la variable de control más importante diámetro interno del protector se muestran a continuación.

Referencia	Temperatura (°C)	DIÁMETRO INTERNO (mm)			
		Especificación	Real	Dif	Cumple
2 3/8	32	66.3 ± 1	66.3	0	si
	-46	66.3 ± 1	66.75	0.45	si
	66	66.3 ± 1	66.72	0.42	si
2 7/8	32	80.3 ± 1	80.27	-0.03	si
	-46	80.3 ± 1	80.51	0.21	si
	66	80.3 ± 1	80.3	0	si
3 1/2	32	97.2 ± 1	97.26	-0.06	si
	-46	97.2 ± 1	96.7	0.5	si
	66	97.2 ± 1	97.8	-0.6	si
4 1/2	32	115.4 ± 2	115.43	-0.03	si
	-46	115.4 ± 2	115.35	0.05	si
	66	115.4 ± 2	115.49	-0.09	si
5 1/2	32	142 ± 2	142.03	-0.03	si
	-46	142 ± 2	141.72	0.18	si
	66	142 ± 2	143	-1	si

Tabla 9. Resultados prueba de estabilidad dimensional¹⁷

Resultados: Todas las muestras dentro de especificación.

¹⁷ Fuente. Laboratorio control de calidad Corplas

4.2.2. Resultados prueba de torque y vibración.

Ninguna de las muestras testeadas mostró deformación o ruptura al someterla a los valores de torque indicados en el capítulo anterior. Se tomaron las mismas muestras y se sometieron a un millo de ciclos en una mesa a 1.200 rpm. Los resultados de resumen en la tabla 9.

PRUEBA DE VIBRACIÓN					
Referencia	Torque	Tiempo (hrs.)	RPM	Desplazamiento vertical (mm)	Resultado
2 3/8	50 Ft/Lb	18.5	1,600	0	PASA
2 7/8	50 Ft/Lb	18.5	1,600	0	PASA
3 1/2	70 Ft/Lb	18.5	1,600	0	PASA
4.5 RL	70 Ft/Lb	18.5	1,600	0	PASA
5 1/2	70 Ft/Lb	18.5	1,600	0	PASA

Tabla 10. Resultados prueba de torque y vibración.¹⁸

Resultados. Todas las muestras conforme. No se presentó desplazamiento.

Imagen 15. Pruebas de torque y vibración



Fuente. Imagen tomada en las instalaciones de Corplas

¹⁸ Fuente. Laboratorio control de calidad Corplas

4.2.3. Resultados prueba de impacto axial.

Para este pasar este ensayo fue necesario rediseñar el interior de los protectores así como su espesor de pared, ya que al principio solo 2 de las 5 referencias probadas pasaba la prueba al 100%, las otras sufrían rupturas que exponía la rosca luego del impacto.

Imagen 16. Prueba de impacto con resultado negativo. Se rompió el protector y dejó la rosca expuesta.



Fuente. Imagen tomada en las instalaciones de Corplas

El detalle de los cambios no se describe en el presente trabajo por considerarse información confidencial de Corplas.

Fue ron necesarios repetidos ensayos de impacto hasta lograr los resultados finales.

La imagen 13 muestra la estación de impacto con el protector colocado en la punta del tubo a 90° del suelo, tal como lo exige la noma para este ensayo. Se sometieron a esta prueba todas las referencias bajo estudio y los resultados se resumen en la tabla 10.

Imagen 17. Protectores antes de pruebas de impacto axial.



Fuente. Imagen tomada en las instalaciones de Corplas

IMPACTO AXIAL (0°)			
Referencia	Temperatura (°C)	Energía generada (joules)	Resultado
2 3/8"	32°C	407	PASA
	-46°C	230	PASA
	66°C	407	PASA
2 7/8"	32°C	407	PASA
	-46°C	230	PASA
	66°C	407	PASA
3 1/2	32°C	1627	PASA
	-46°C	814	PASA
	66°C	1627	PASA
4 1/2	32°C	1627	PASA
	-46°C	814	PASA
	66°C	1627	PASA
5 1/2	32°C	1627	PASA
	-46°C	814	PASA
	66°C	1627	PASA

Tabla 11. Resultados prueba de impacto axial.

A continuación se observan imágenes de protectores después de sometidos a impacto, el protector cumple su función al deformarse y absorber el impacto para proteger la rosca de deformaciones.

Imagen 18. Resultados impacto axial.



Fuente. Imagen tomada en las instalaciones de Corplas

Resultado final: Todos los ensayos conformes de acuerdo a la norma.

4.2.4. Resultados pruebas de impacto angular.

A diferencia de la prueba de impacto axial, esta prueba fue aprobada de manera inmediata con el diseño original, pero debido al cambio de diseño fue necesario repetirla para constatar que los cambios realizados para pasar la prueba de impacto axial no hubiesen afectado la angular.

Imagen 14. Prueba de impacto angular



Fuente. Imagen tomada en las instalaciones de Corplas

La tabla 11 muestra los resultados de las pruebas de impacto angular a 45°

PRUEBA DE IMPACTO ANGULAR 45 °			
Referencia	Temperatura (°C)	Energía generada (Joules)	Resultado
2 3/8"	32	203	PASA
	-46	115	PASA
	66	203	PASA
2 7/8"	32	203	PASA
	-46	115	PASA
	66	203	PASA
3 1/2	32	203	PASA
	-46	115	PASA
	66	203	PASA
4 1/2	32	203	PASA
	-46	115	PASA
	66	203	PASA
5 1/2	32	203	PASA
	-46	115	PASA
	66	203	PASA

Tabla 12. Resultados prueba de impacto

Resultado final: Todas los ensayos conformes de acuerdo a la norma.

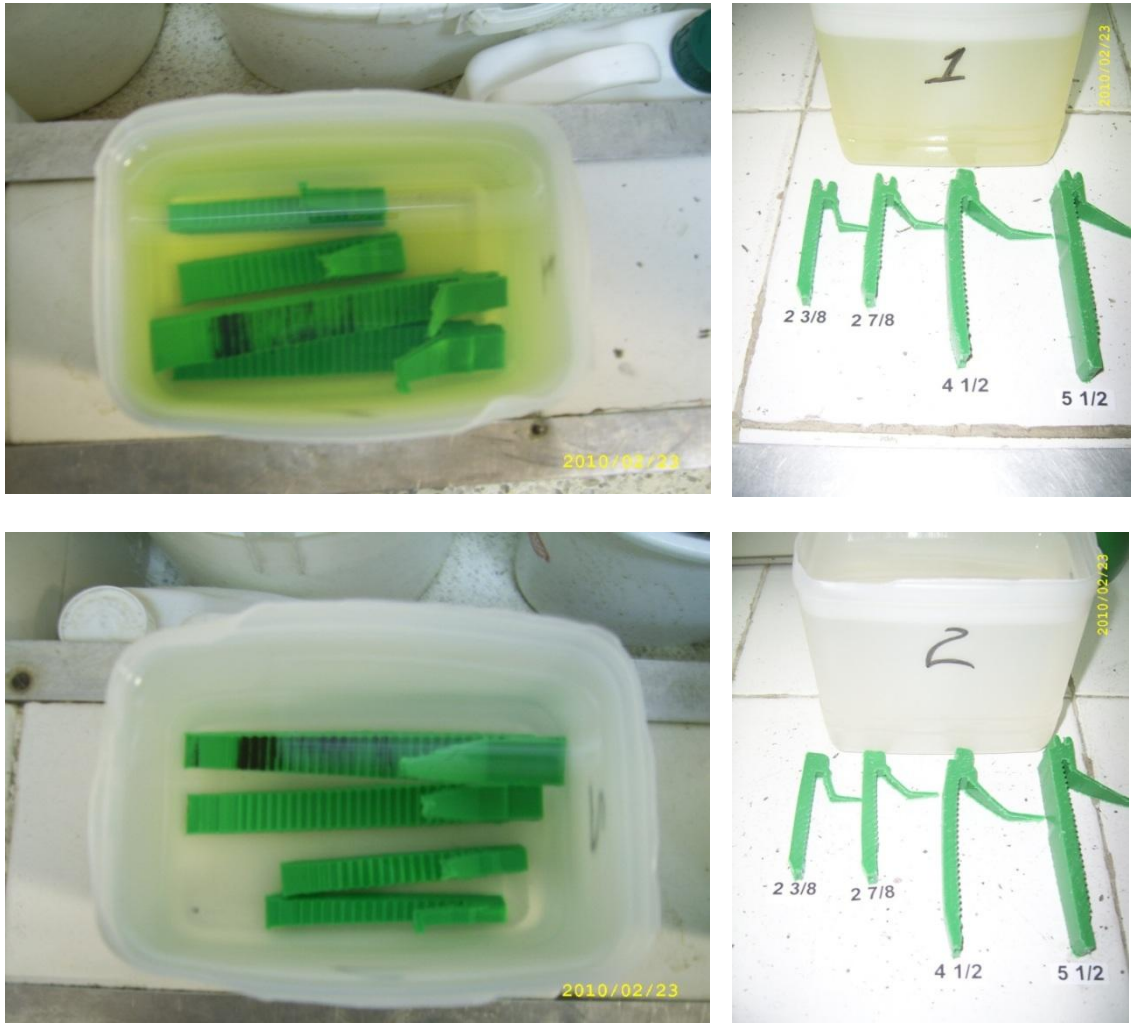
4.2.5. Pruebas de corrosión

Los protectores fueron sumergidos durante un periodo de 24 horas en los siguientes solventes:

- ACPM
- Varsol
- Compuesto de rosca

Resultados: Los protectores no sufrieron ningún cambio en sus propiedades físicas, ni en su coloración.

Imagen 15. Pruebas de corrosión



Fuente. Imagen tomada en las instalaciones de Corplas

Pendientes

Pruebas de stripping y Prueba de Hookability. Maquinas en proceso de fabricación, se tiene presupuestado recibirlas en la segunda semana de noviembre.

4.3. Impacto.

Corplas ha presentado los avances a Tenaris y se ha logrado la aceptación del proceso de certificación. Tenaris ha aceptado comenzar a recibir pequeños lotes de prueba para realizar corridas industriales y enviar a clientes locales para evaluar el desempeño de los protectores.

Si bien todavía su cliente sigue importando protectores, los avances hasta ahora demostrados le han permitido a Corplas recibir sus primeras órdenes de compra después de 3 años de estar bloqueado por la no conformidad presentada. El compromiso de Corplas sigue firme a estar listo para antes de finalizar el año 2011 estar certificando todos sus protectores bajo todos los requisitos exigidos por la norma ISO 11960.

Tenaris y Corplas han acordado seguir monitoreando el comportamiento de las piezas hasta que se venza el plazo de cumplimiento de la norma, fijado por Tenaris para todas sus plantas en el mundo para febrero del 2012 en ese momento Corplas será el único proveedor aprobado de la región y lo que comenzó como una debilidad se convierte una importante fortaleza diferenciadora para Corplas.

Antes de terminar el primer trimestre del 2012 Tenaris espera suplir el 100% de la necesidad de protectores de rosca con los protectores de Corplas, debido a su ubicación, capacidad de respuesta, precio y los nuevos altos estándares de calidad.

CONCLUSIONES

La fabricación de protectores de tubería fue una decisión que abrió los horizontes de una empresa que hasta ese momento solo conocía de envases, tapas y piezas pequeñas. La caracterización del proceso si bien guarda los mismos principios y usa los mismos equipos, es totalmente diferente y le demostró a Corplas la importancia de llevar a cabo procesos de desarrollo sistemáticos ajustados a las necesidades del usuario final.

Después de un arranque lento Coplas logró estabilizar su proceso y se arriesgó en la fabricación de sus propios moldes para mejorar su capacidad de repuesta y aumentar su participación con más referencias.

En el año 2008, un problema de calidad puntual lo deja con una inversión de más de un millón de dólares parada.

La necesidad de recuperar un negocio que resultaba estratégico para Corplas lo hace convertir la gran debilidad que tenía al conocer poco de los protectores en una oportunidad. Comprometiendo a todas sus áreas para diseñar el plan que permitiera de una manera sostenida fabricar este tipo de piezas bajo los más altos estándares de calidad.

Después de muchos esfuerzos por parte de todas sus áreas, principalmente de operaciones. Hoy en día Corplas es el único fabricante de protectores de tubería en Latinoamérica que somete a sus productos a las pruebas de ensayo descritas en la Normas ISO 11960. Ya se encuentra aprobado nuevamente como proveedor de protectores de Tenaris para su planta de Cartagena y se encuentra participando en varias licitaciones para suplir a oras planta de tubería roscada en México, Argentina y USA.

A finales del presente año presentará el informe final certificando el cumplimiento del 100% de las exigencias de la norma.

RECOMENDACIONES

Si bien el proceso va por buen camino y las acciones implementadas han tenido mejores resultados que los esperados por Corplas. Hay que tener en cuenta que no se fabricó un solo protector por más de 3 años lo que representó un fuerte golpe a las finanzas de Corplas.

Aparte de culminar la implementación del plan de trabajo descrito en este proyecto, las siguientes son algunas recomendaciones a tener en cuenta para no poner en riesgo la cuenta de los protectores de rosca o cualquier otra. Actual o potencial.

1. Procedimentar internamente los ensayos de la norma para que todas las corridas de protectores a futuro sean validadas bajo los mismos estándares.
2. Definir las frecuencias de los ensayos para el producto en proceso y producto terminado.
3. Debido al poco tiempo que tiene Corplas fabricando protectores de rosca, se recomienda realizar un benchmarking en otras plantas de protectores en el mundo. Comparar tipo de maquinaria, molde, controles de proceso, materia prima, aditivos etc.
4. Crear un área de desarrollo de nuevos productos que se encargue de la evaluación económica y técnica de nuevos proyectos. Utilizando el CEP (control estadístico de procesos) como principal herramienta de análisis.
5. Revisar para sus productos y/o clientes más importantes o considerados estratégicos. Que normas o estándares internacionales aplican. Hacer un diagnóstico de cómo está la organización en relación al estándar. En caso de no cumplir, diseñar planes de acción para hacerlo. Será una fortaleza incluso si su cliente no lo exige.

BIBLIOGRAFÍA

NORMA TECNICA ISO 11960:2004. Petroleum and natural gas industries -Steel pipes for use as casing or tubing for Wells, 3ra edición. Editorial ICONTEC. 291Pag.

Moldeo por inyección – Generalidades y conceptos básicos. [Internet] 2011. (Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo_por_inyecci%C3%B3n)

ANEXOS