

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA



**“PROCEDIMIENTO DE CONTROL FINAL DE CALIDAD, PARA LAS
ESTRUCTURAS METÁLICAS DE UNA FAJA TRANSPORTADORA
COMO ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE FALLAS, GENERADAS
EN SU CONSTRUCCIÓN, PARA LA EMPRESA TÉCNICAS
METÁLICAS INGENIEROS SAC”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

MENDOZA BRAMON, EVELYN ROXANA

Villa El Salvador

2017

DEDICATORIA:

Dedico mi Proyecto de Ingeniería a mis padres, mis hermanas y toda mi familia por su apoyo incondicional, para culminar con éxito mis estudios profesionales.

AGRADECIMIENTO:

A Dios, a mis padres y mis maestros de la UNTELS por sus sabios consejos y orientación para obtener mi título profesional.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	11
1.2. Justificación del Proyecto	13
1.3. Delimitación del Proyecto	14
1.3.1. Teórica	14
1.3.2. Espacial	14
1.3.3. Temporal	14
1.4. Formulación del Problema	14
1.4.1 Problema General	14
1.4.2 Problemas Específicos	15
1.5. Objetivos	15
1.5.1 Objetivo General	15
1.5.2 Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación	16
2.2 Bases Teóricas	19
2.3 Marco Conceptual	74
CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL FINAL DE CALIDAD	
3.1 Descripción del procedimiento de control final de calidad	76
3.2 Aplicación del procedimiento de control final de calidad	79
3.3 Revisión y consolidación de Resultados	82
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	87

LISTADO DE FIGURAS

- Figura N° 01: Clasificación general de los procesos de soldadura.
- Figura N° 02: Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular.
- Figura N° 03: Representación esquemática de la soldadura con CO_2 .
- Figura N° 04: Proceso de soldadura TIG.
- Figura N° 05: Preparación de juntas para la soldadura.
- Figura N° 06: Defectos que se presentan por mala regulación de los parámetros de soldadura.
- Figura N° 07: Soplo magnético.
- Figura N° 08: Socavación adyacente a una soldadura de filete.
- Figura N° 09: Poros superficiales aislados.
- Figura N° 10: Falta de fusión en la superficie de la soldadura.
- Figura N° 11: Junta con falta de penetración.
- Figura N° 12: Inclusiones de escorias superficiales.
- Figura N° 13: Microestructura de martensita.
- Figura N° 14: Microestructura de austenita.
- Figura N° 15: Fotomicrografía mostrando carburos en red.
- Figura N° 16: Fotomicrografía mostrando carburos dispersos.
- Figura N° 17: Piel de naranja o falta de nivelación.
- Figura N° 18: Agrietamiento.
- Figura N° 19: Puntos de alfiler.
- Figura N° 20: Espacios vacíos.
- Figura N° 21: Rechupados.
- Figura N° 22: Corrosión interna.

Figura N° 23: Descuelgues.

Figura N° 24: Falta de curado.

Figura N° 25: Falta de adherencia.

Figura N° 26: Polvo y suciedad.

Figura N° 27: Esquema de sobre posición para juntas de tope en chapas planas.

Figura N° 28: Esquema de sobre posición para juntas circulares y longitudinales de top.

Figura N° 29: Esquema de sobre posición para juntas y otras superficies en ángulo.

Figura N° 30: Diagrama de flujo del procedimiento de control final de calidad.

Figura N° 31: Plano 1 - estructura metálica de la faja transportadora.

Figura N° 32: Plano 2 - estructura metálica de la faja transportadora.

LISTADO DE TABLAS

- Tabla N° 01: Ejemplos de códigos de soldadura.
- Tabla N° 02: Especificaciones.
- Tabla N° 03: Ejemplos de estándares.
- Tabla N° 04: Relación de tipo de corriente y polaridad.
- Tabla N° 05: Valores máximos para X, Y, Z.
- Tabla N° 06: Valores máximos y mínimos para X, Y, Z, W.
- Tabla N° 07: Aceros estructurales. Especificaciones ASTM para tuberías, láminas, planchas.
- Tabla N° 08: Valores máximos y mínimos de x, y, a+b, w.
- Tabla N° 09: Penetrantes visibles removibles con solvente /revelator no-acuoso.
- Tabla N° 10: Tipo y método de aplicable al procedimiento.
- Tabla N° 11: Cuadro comparativo en relación a la aplicación del procedimiento de control final de calidad.

INTRODUCCIÓN

La industria metalmecánica peruana está relacionada con muchos sectores productivos, como por ejemplo la construcción y minería; Sus procesos productivos demandan tecnología dando como consecuencia un progreso en la economía. Las empresas peruanas se preparan durante años para mantenerse vigentes en la industria y lograr ampliar su presencia en el mercado de la exportación, sin embargo en la actualidad la tendencia a ser más exigentes con respecto a los productos en masa también ha supuesto una serie de retos, como los referidos a la calidad del producto.

El control de calidad abarca todas las fases del proceso productivo, desde los primeros análisis de la materia prima utilizada, hasta la revisión completa del producto listo para ser comercializado. Sin el control de calidad en las estructuras metálicas ocurrirían una serie de defectos que a posteriori impedirían el buen desempeño para la que fueron diseñados.

En ese sentido, en este proyecto de ingeniería se describe un procedimiento de control e inspección final de estructuras metálicas de una faja transportadora, basado en normas y estándares de control de calidad para estructuras metálicas, con el propósito de establecer una reducción de fallas durante el proceso de construcción; motivo por el cual presento mi proyecto de ingeniería que está dividido en 3 capítulos.

En el Capítulo I, se describe el planteamiento del problema, que está relacionado con la actual cantidad de fallas que se reporta en la construcción de las estructuras metálicas de una faja transportadora, y es que se genera estas ocurrencias debido a la carencia de un procedimiento de control final de calidad en la empresa Técnicas Metálicas Ingenieros SAC.

En el Capítulo II, se describe el marco teórico en la cual se sustenta la propuesta de solución, referente a reducir el número de fallas ocasionadas durante el proceso de construcción de las estructuras metálicas. Estas bases teóricas están relacionadas a los alcances y protocolos definidos por la norma AWS D1.1, SSPC-PA1 y SSPC-PA2, los cuales definen los criterios de aceptación a aplicar como parte de la inspección de soldadura e inspección de tratamiento superficial, respectivamente.

En el Capítulo III, se describe el procedimiento de control de calidad propuesto, a través de un diagrama de flujo; Para luego aplicar este procedimiento a una de las estructuras metálicas de la faja transportadora. Finalmente se realizará la revisión y consolidación de resultados.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Antes de mencionar la descripción de la realidad problemática cabe señalar que también existen otras empresas internacionales en el rubro de la metalmecánica que se dedican al control de calidad algunas de ellas son:

Maestranza Diesel empresa Chilena actualmente emplea un óptimo procedimiento de control en las diversas aplicaciones, orientados siempre a la mejora de la calidad, la optimización de costos, la eficiencia de procesos productivos y operacionales.

Montich S.A empresa Argentina que ha logrado implementar un nuevo procedimiento de control de calidad alcanzando los más altos estándares

de calidad en todos los procesos, manteniéndose siempre actualizados en todas las normas y criterios relacionados con la calidad.

Actualmente la Empresa Técnicas Metálicas SAC, ofrece el servicio de construcción de estructuras metálicas a la Empresa OHL, el cual realiza diversos proyectos mineros en el Perú, destacando el Sistema de Trituración y Apilado para la minera Shahuindo SAC, localiza en el Distrito de Cachachi, Provincia de Cajabamba, departamento de Cajamarca, el cual emplea como método continuo y económico el uso de fajas transportadoras para el transporte de grandes volúmenes de material.

Estas fajas disponen de una base de estructuras metálicas las cuales no quedan ajenas a los riesgos que podrían presentar como por ejemplo la caída de material transportado.

Bajo este contexto, es que actualmente en la empresa Técnicas Metálicas SAC, se reportan fallas en el proceso de construcción de las estructuras metálicas, generado por la carencia de un procedimiento de control final de calidad, asociado a la normatividad AWS D1.1, SSPC-PA1 y SSPC-PA2.

Es importante señalar que estas fallas de presentarse en planta después de su montaje, podrían generar derrames de materiales en el recorrido de la faja por una excesiva inclinación de la cinta o irregular carga de la cinta.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se justifica en que al seguir un procedimiento de control final de calidad para las estructuras metálicas de una faja transportadora se podrá reducir el número de fallas durante el proceso de construcción, así como también identificar fallas de forma oportuna y a tiempo, para corregirla en la misma empresa Técnicas Metálicas SAC y para que dichas fallas no se presenten al momento del montaje en planta. Pudiendo generar aplicación de penalidades por incumplimiento en la calidad del producto ofrecido.

Además al implementar un procedimiento de control final de calidad con ensayos de soldadura y de adherencia no solo se tendrá un método de control económico con respecto a otros existentes, sino que también se obtendrán resultados de mayor confiabilidad, ya que estos métodos presentan mejor visibilidad de defectos.

Adicionalmente implementar un sistema de control de la calidad final a partir del uso de normas y estándares de control e inspección final de estructuras metálicas en un proceso productivo es un requisito que actualmente ninguna compañía se debe permite obviar, pues se pretende mantener los parámetros y atributos que están determinados en las especificaciones técnicas presentadas por el cliente (usuario interesado) y las normas aplicables, para asegurar la eficiencia del trabajo de las estructuras para la cual fueron diseñados.

1.3 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.3.1 TEÓRICA

El proyecto de ingeniería desarrollado desde el punto de vista teórico abarca solo los procedimientos de control final de calidad relacionados a la inspección de soldadura, aplicando ensayos no destructivos PT (Tintes penetrantes) y UT (Ultra sonido) e inspección de tratamiento superficial aplicando el ensayo de adherencia por tracción de pintura.

1.3.2 ESPACIAL

El procedimiento de control final de calidad será para la Empresa Técnicas Metálicas Ingenieros SAC, teniendo su planta de operación en el Km. 17.5, antigua Panamericana Sur, Lima – 42.

1.3.3 TEMPORAL

El proyecto de ingeniería comprende el periodo de Octubre 2016 a Febrero 2017.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo reducir la cantidad de fallas en la construcción de estructuras metálicas de una faja transportadora, mediante un procedimiento de control final de calidad, en la Empresa Técnicas Metálicas Ingenieros SAC?

1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el procedimiento de control final de calidad propuesto con la finalidad de reducir las fallas en la construcción de estructuras metálicas de una faja transportadora, en la empresa Técnicas Metálicas SAC?
- ¿Cuáles son las fallas detectadas en la aplicación del procedimiento de control de calidad sobre las estructuras metálicas de la faja transportadora, en la empresa Técnicas Metálicas Ingenieros SAC?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Reducir la cantidad de fallas en la construcción de estructuras metálicas de una faja transportadora, mediante un procedimiento de control de calidad en la Empresa Técnicas Metálicas Ingenieros SAC.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el procedimiento de control final de calidad propuesto con la finalidad de reducir las fallas en la construcción de estructuras metálicas de una faja transportadora, en la empresa Técnicas Metálicas SAC.
- Identificar las fallas detectadas en la aplicación del procedimiento de control final de calidad sobre las estructuras metálicas de la faja transportadora, en la empresa Técnicas Metálicas Ingenieros SAC.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Arreola (2004), en su tesis titulada “Propuesta para el control de calidad a una empresa fabricante de estructuras metálicas en acero para bodegas a dos aguas” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Electromecánica en la Universidad de San Carlos de Guatemala, concluye que: “Se lograron establecer procesos y actividades para el control de calidad, se busca la disminución de aceptación de materiales que no cumplen con las especificaciones para fabricación; la solución el establecimiento de un departamento de control de calidad, que tenga la función de detectar e

informar sobre los materiales y procesos deficientes que se necesitan corregir inmediatamente”.¹

Villacrés (2009), en su tesis titulada “Implementación de un sistema de inspección para control de calidad de soldadura en estructura metálica con el uso de ensayos no destructivos para la Empresa INENDEC” para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica en la Universidad de las Fuerzas Armadas de Sangolquí, concluye que: “Los procedimientos planteados en este trabajo permiten al constructor manejar la información producida por las pruebas no destructivas de forma fácil y estandarizada, asegurar la calidad de la soldadura de su estructura metálica, optimizando así sus procesos de producción, reparando apropiadamente las posibles fallas detectadas, y evaluando los puntos críticos en su sistema de producción”.²

Fernández (2010), en su tesis titulada “La importancia de la inspección de soldadura en la fabricación y montaje de estructuras metálicas”, para optar el Título de Ingeniero en Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la Universidad Veracruzana, concluye que: “El estar inspeccionando una soldadura desde su fabricación, constituyen una forma de asegurar que las uniones soldadas

¹ARREOLA, W. (2004). Propuesta para el control de calidad a una empresa fabricante de estructuras metálicas en acero para bodegas a dos aguas. (Tesis de Pre Grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

²VILLACRÉS, C. (2009). Implementación de un sistema de inspección para control de calidad de soldadura en estructura metálica con el uso de ensayos no destructivos para la Empresa INENDEC. (Tesis de Pre Grado). Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí, Ecuador.

van a poseer las propiedades mecánicas necesarias para un comportamiento adecuado en servicio. Me percate que una inspección bien llevada representa un ahorro en el tiempo y sobre todo en dinero”.³

Bertrand (2000), en su libro titulado “Control de calidad. Teoría y Aplicaciones” señala que: “Se denomina control de calidad al conjunto de técnicas y procedimientos de que se sirve la dirección para orientar, supervisar y controlar todas las etapas mencionadas hasta la obtención de un producto de la calidad deseada. El control de calidad nos es solo papeleo, ni una serie de fórmulas estadísticas y de tablas de aceptación y control, ni el departamento responsable de control de calidad. Para una dirección bien informada, el control de calidad representa una inversión que, como cualquier otra, debe producir rendimientos adecuados que justifiquen su existencia”.⁴

Pere (2010), en su libro titulado “Soldadura Industrial: Clases y Aplicaciones”, señala que: “La soldadura es un procedimiento de conformación metálica que se utiliza cuando los otros procedimientos son imposibles de aplicarse. Un ejemplo típico de la soldadura es el ensamblaje de partes de una pieza compleja o de una instalación: estructura metálica”.⁵

³FERNÁNDEZ, A. (2010). La importancia de la inspección de soldadura en la fabricación y montaje de estructuras metálicas. (Tesis de Pre Grado). Universidad Veracruzana. México.

⁴BERTRAND, L. (2000). Control de calidad. Teoría y Aplicaciones. Madrid, España: DIAZ DE SANTOS S.A

⁵PERE, S. (2010). Soldadura Industrial: Clases y Aplicaciones. Barcelona, España: MARCOMBO

Jeffus (2009), en su libro titulado “Soldadura Principios y Aplicaciones”, señala que: “El número de procesos de soldadura diferentes ha crecido en los últimos años. Estos procesos se diferencian principalmente en el modo en que se aplican el calor, la presión, o ambas cosas y en el tipo de equipo utilizado. Los procesos de soldadura más populares son la soldadura con oxiacetileno (OAW), la soldadura por arco metálico protegido (SMAW), con frecuencia llamada soldadura con electrodo, la soldadura por arco bajo gas protector con electrodo de tungsteno (GTAW), la soldadura por arco bajo gas protector metálico (GMAW), la soldadura por arco con núcleo de fundente (FCAW) y la soldadura fuerte con soplete (TB)”.⁶

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 SOLDADURA

La Soldadura es un metal fundido que une dos piezas de metal, de la misma manera que realiza la operación de derretir una aleación para unir dos metales, pero diferente de cuando se soldan dos piezas de metal para que se unan entre si formando una unión soldada. En la industria de la electrónica, la aleación de estaño y plomo es la más utilizada, aunque existen otras aleaciones, esta combinación da los mejores resultados. La mezcla de estos dos elementos crea un suceso poco común. Cada elemento tiene un punto elevado de fundición, pero al mezclarse producen una aleación con un punto menor de fundición que cualquiera de los

⁶JEFFUS, L. (2009). Soldadura Principios y Aplicaciones. Barcelona, España: PARANINFO

elementos para esto debemos de conocer las bases para soldar. Sin este conocimiento es difícil visualizar que ocurre al hacer una unión de soldadura y los efectos de las diferentes partes del proceso. El estaño tiene un punto de fundición de 450° F; el plomo se funde a los 620° F.

2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA

Una forma de lograr el contacto íntimo de dos superficies metálicas para la producción de una soldadura, es someter las mismas a una presión recíproca. Si ésta es de magnitud adecuada, será capaz de romper las capas de óxido y humedad para deformar la superficie, logrando así el contacto necesario. Esto da origen a lo que se conoce como Soldadura por Presión. Este proceso puede o no ser asistido por energía térmica, pero debe tenerse en cuenta que, cuando así ocurre, la temperatura del proceso debe mantenerse por debajo del punto de fusión de los materiales que intervienen.

El principal efecto del uso de energía térmica es el de reducir la tensión de fluencia de los materiales que se sueldan, así como disociar los óxidos y volatilizar la humedad. Otro camino para lograr la soldadura, es emplear energía térmica para fundir localmente los

metales que se deseen unir, de esta manera lograr la eliminación de las capas mencionadas y el íntimo contacto de las piezas por la fusión y solidificación de los materiales en contacto.

Generalmente, éste se conoce como Soldadura por Fusión. Son múltiples las posibilidades de aplicación de estos procesos de soldadura. Su campo de aplicación depende, entre otras cosas, del material a soldar, de su espesor, de los requisitos que debe satisfacer la costura, y de la construcción. La multiplicidad de la ejecución de la costura, tanto en la forma como en el método y las aplicaciones, ha conducido al desarrollo de muchos procesos en esta técnica. La selección del proceso más favorable, adecuado y económico de soldadura presupone el conocimiento de la manera de ejecutarla y sus peculiaridades.

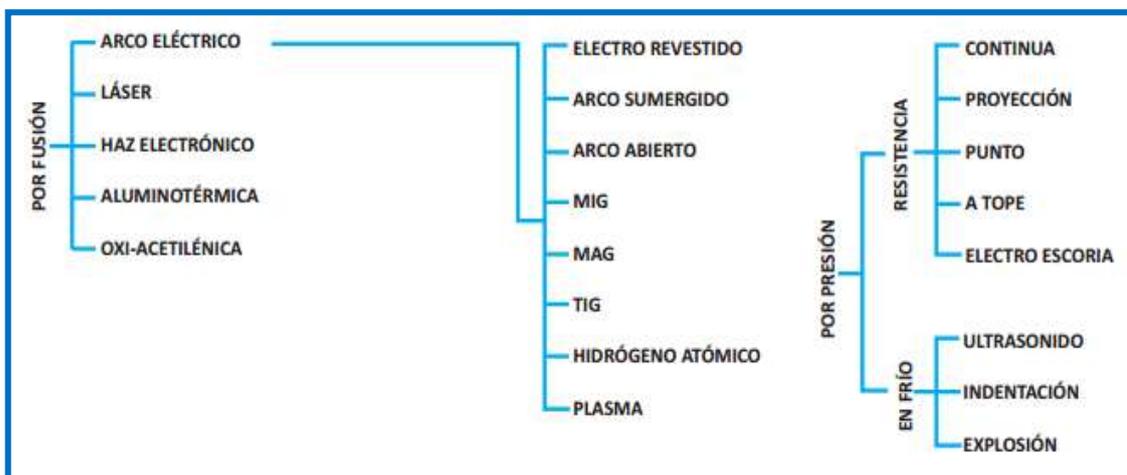


FIGURA N° 01: CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS PROCESOS DE SOLDADURA

Fuente: <http://www.damasoldsac.com>

2.2.1.2 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

Es un proceso de soldadura, donde la unión es producida por el calor generado por un arco eléctrico, el metal en la unión entre las dos partes se funde y causa que se entremezclen directamente. La energía eléctrica se transforma en energía térmica, pudiendo llegar esta energía hasta una temperatura de aprox. 4 000°C.

La energía eléctrica es el flujo de electrones a través de un circuito cerrado. Cuando ocurre una pequeña ruptura dentro de cualquier parte, o apertura del circuito, los electrones se mueven a gran velocidad y saltan a través del espacio libre entre los dos terminales, 1,5 - 3 mm produciendo una chispa eléctrica, con la suficiente presión o voltaje para hacer fluir los electrones continuamente. A través de esta apertura, se forma el arco eléctrico, fundiéndose el metal a medida que se avanza. El arco eléctrico es, por lo tanto, un flujo continuo de electrones a través de un medio gaseoso, que genera luz y calor.

Las máquinas de soldar por arco eléctrico son clasificadas con diferentes criterios. Adoptaremos la siguiente clasificación:

a) Máquinas estáticas

Son las que no poseen elementos en movimiento continuo; excepcionalmente algunas poseen un ventilador. Las máquinas estáticas a su vez se clasifican en los siguientes tipos:

- **Transformadores**

Proporcionan corriente alterna para soldar.

- **Rectificadores**

Son máquinas transformadoras que, mediante rectificadores, transforman la corriente alterna a corriente continua para soldar.

- **Transformadores-Rectificadores**

Estas máquinas proporcionan corriente continua como corriente alterna para soldar. Su construcción eléctrica especial permite cambiar de una corriente a otra con sólo mover una llave de conmutación.

b) Máquinas rotativas (convertidores)

Las máquinas rotativas son las que sí poseen elementos en rotación constante. Las máquinas rotativas o convertidores están compuestas básicamente de un motor, que proporciona una determinada velocidad de rotación a un dínamo, el

cual produce la corriente eléctrica apropiada para soldar.

El motor puede ser:

- **Motor eléctrico**

Funcionando con la corriente eléctrica proveniente de una red general de electricidad.

- **Motor a combustión interna, pudiendo ser:**

- A gasolina.
- A petróleo (Diésel)

2.2.1.3 SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

En sus fundamentos físicos es similar a la soldadura de arco eléctrico manual. En su operación, el electrodo es reemplazado por un alambre desnudo que, a medida que se consume, es alimentado mediante un mecanismo automático. El arco es cubierto y protegido por un polvo granular y fusible, conocido como fundente o flujo, el mismo que es un compuesto de silicatos y minerales. El fundente cumple el mismo papel que el revestimiento de los electrodos, desde el punto de vista físico y metalúrgico.

Físicamente, haciendo que la escoria proteja al baño de soldadura de la acción de los gases atmosféricos,

formando un cordón libre de poros e impidiendo una pérdida de calor demasiado rápida. Metalúrgicamente, impidiendo pérdidas de elementos de aleación, compensando o agregándolos al metal depositado. El arco eléctrico que se forma produce el calor necesario para fundir el metal base, el alambre y el flujo, que cae por gravedad cubriendo la zona de soldadura.

Como el arco es invisible por estar cubierto, el proceso se denomina Soldadura por Arco Sumergido, no observándose durante la operación de soldar ni el arco, ni chispas o gases. El alambre es alimentado desde un rollo.

Las características ventajosas del proceso por arco sumergido son:

- Alta deposición de metal.
- Penetración profunda.
- Cordones de buen acabado.
- Soldadura de calidad a prueba de rayos X.
- Escoria de fácil remoción.
- Aplicable a un amplio rango de espesores.

La soldadura se realiza en las posiciones plana y horizontal. El proceso se emplea para soldar aceros al

carbono, aceros de baja aleación y alta resistencia, aceros templados, enfriados por inmersión y en muchos tipos de aceros inoxidables. También se aplica para recubrimientos duros y reconstrucción de piezas.

2.2.1.4 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ALAMBRE TUBULAR

Es un proceso de soldadura, en el que la fusión se logra mediante un arco producido entre un electrodo tubular (alambre consumible) y la pieza. La protección se obtiene de un fundente contenido dentro del alambre tubular.

Protección adicional de un gas suministrado externamente no es necesaria. El proceso puede ser semiautomático o automático, siendo el método semiautomático el de mayor aplicación.

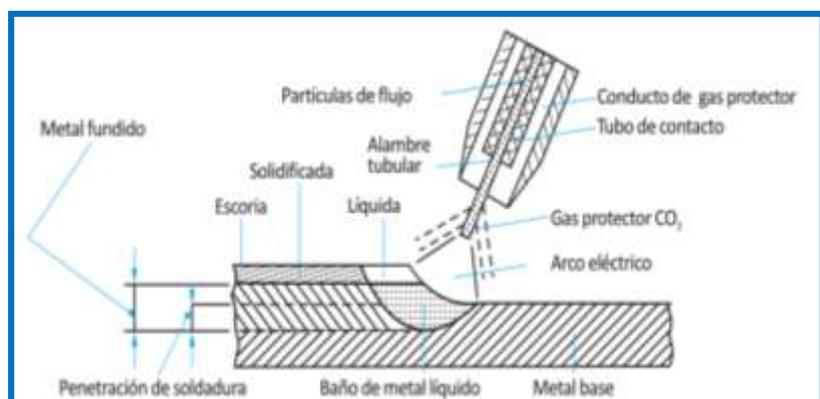


FIGURA N° 02: SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ALAMBRE TUBULAR

Fuente: <http://www.damasoldsac.com>

Con la “protección exterior de gas”, las ventajas del proceso son:

- Soldaduras suaves y sanas.
- Penetración profunda.
- Buenas propiedades para radiografía.

Sin la protección exterior del gas ofrece las siguientes ventajas:

- Eliminación del gas externo de protección.
- Penetración moderada.
- Metal depositado de alta calidad.

El proceso tiene las siguientes características:

- El operador puede ver el arco.
- La soldadura es posible en todas las posiciones lo que depende del diámetro del alambre empleado.
- Se puede hacer cualquier tipo de junta en función al espesor de plancha.

2.2.1.5 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ALAMBRE SÓLIDO Y GAS

En la soldadura por Arco Metálico con Gas, conocida como Proceso MIG/MAG, la fusión es producida por un Gas de Protección; arco que se establece entre el extremo del alambre aportado continuamente y la pieza

a soldar. La protección se obtiene íntegramente de los gases suministrados simultáneamente con el metal de aporte.

Existen dos clasificaciones en este proceso, las cuales son en función del tipo de gas protector:

- **MIG**

El cual emplea protección de un gas inerte puro, (helio, argón, etc.). Para metal no ferroso.

- **MAG**

El cual hace uso de dióxido de carbono, CO_2 , o mezcla de CO_2 + Argón como gas protector. Para metal ferroso.

La tarea, que cumplen los gases protectores es la de proteger al arco, al baño de fusión y al material de aporte contra el peligroso acceso de los gases de la atmósfera.

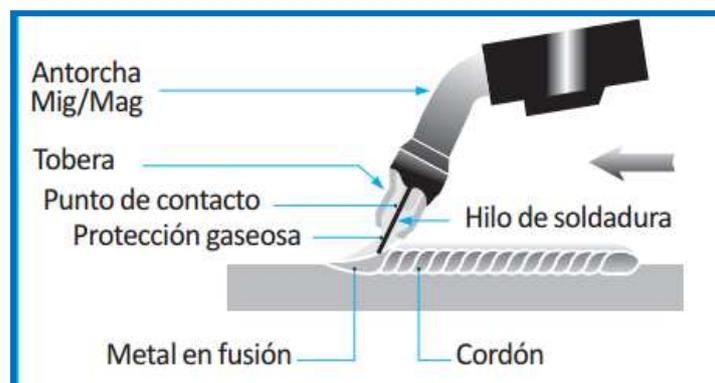


FIGURA N° 03: REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA SOLDADURA CON CO_2

Fuente: <http://www.damasoldsac.com>

El proceso puede ser semiautomático o automático, siendo el método semiautomático el de mayor aplicación. El tipo de transferencia del alambre de aporte a través del arco depende del valor de la corriente. A bajas corrientes, la transferencia se realiza por grandes glóbulos o gotas (cortocircuito, globular).

Cuando la corriente aumenta y se usa 80% de Argón, estas gotas se reducen progresivamente hasta que, a una determinada corriente que depende del material y del diámetro del alambre, la transferencia se efectúa en finas gotitas o por pulverización (Spray).

Las características del proceso son:

- Excelente calidad de soldadura en casi todos los metales y aleaciones empleados por la industria.
- Mínima limpieza después de soldar.
- Arco y baño fundido claramente visibles para el soldador.
- Alta velocidad de trabajo.

2.2.1.6 SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO Y GAS

La soldadura por arco de tungsteno con gas (TIG) es un proceso, en que la fusión es producida por el calor de un

arco que se establece entre un electrodo de tungsteno no-consumible y la pieza de trabajo. La protección se obtiene de un gas inerte (argón o helio).

Las características sobresalientes de la soldadura TIG son:

- Excelente calidad de la soldadura en casi todos los metales y aleaciones empleados por la industria.
- Prácticamente no se requiere ninguna limpieza posterior.
- Arco y baño de fusión son claramente visibles para el soldador.
- No hay metal de aporte que atraviese el arco, de modo que no se producen salpicaduras.
- La soldadura es posible en todas las posiciones.
- No se produce escoria que podría quedarse atrapada en la soldadura.

El proceso TIG puede emplearse para aluminio, magnesio, acero inoxidable, bronce, plata, cobre, níquel y aleaciones, hierro fundido, aceros dulces, aceros aleados, abarcando una amplia gama de espesores de metal. También se emplea para pases de raíz en juntas soldadas de tubos de acero, buscando la mayor eficiencia en primer pase.



FIGURA N° 04: PROCESO DE SOLDADURA TIG

Fuente:<http://www.damasoldsac.com>

Los electrodos que se emplean para el proceso TIG son de tungsteno y aleaciones de tungsteno. Tienen un punto de fusión muy elevado (6 170°F) y prácticamente no se consumen. El electrodo no toca el baño fundido.

En posición apropiada, el electrodo es sostenido encima de la pieza de trabajo, y es el calor intenso procedente del arco el que mantiene el baño en estado líquido. Los electrodos son de tungsteno puro (los más baratos), tungsteno con 1- 2% de torio (de larga vida -se emplean para aceros) o de tungsteno aleado con circonio (menor contaminación, mejor calidad- se emplean para aluminio). Los diferentes tipos de tungsteno son fácilmente reconocibles según un código de color. Se presentan en varios diámetros y largos de 3 a 24 pulgadas.

2.2.1.7 SOLDADURA OXI-ACETILÉNICA

En este proceso de soldadura por fusión, que utiliza el calor producido por la combustión del gas acetileno con el oxígeno, para luego fundir el metal base y de aporte se procede de una llama que alcanza temperaturas de 3100°C.

Ambos gases se mezclan en proporciones apropiadas en un soplete proyectado y construido en forma tal, que el soldador tiene la posibilidad de regular por completo la llama, ajustándola a las necesidades del trabajo. Se presenta una llama normal o neutra cuando se alimenta con iguales volúmenes de oxígeno y acetileno; si se aumenta la proporción de acetileno, se logra una llama denominada carburante o reductora. Y a la inversa, siempre con referencia a una llama neutra, si se aumenta la proporción de oxígeno, se obtiene una llama oxidante. Ambas tiene características y aplicaciones precisas que es necesario tener presente.

2.2.1.8 PREPARACIÓN DE LAS JUNTAS PARA LA SOLDADURA

La Junta es la parte a rellenar de metal situada entre 2 o más planchas o piezas, que tienen los bordes convenientemente preparados.

La finalidad de la preparación de la junta es asegurar la penetración deseada en la soldadura y facilitar la operación miras a obtener una unión de excelente calidad. Una cuestión de suma importancia en el trabajo de soldar por arco es la selección del mejor y más adecuado tipo de junta a utilizar en cada aplicación concreta. La mejor junta es la que, con un mínimo costo, satisface todas las condiciones de servicio.

Al seleccionar la junta, deben tomarse en cuenta tres factores:

- La carga y sus características, es decir si la carga es de tracción o de compresión y si existe alguna combinación de esfuerzos de doblado, fatiga o choque.
- La forma en que la carga es aplicada, o sea si su acción es continua, variable o instantánea.
- El costo de preparación y de la ejecución, propiamente dicha de la soldadura.

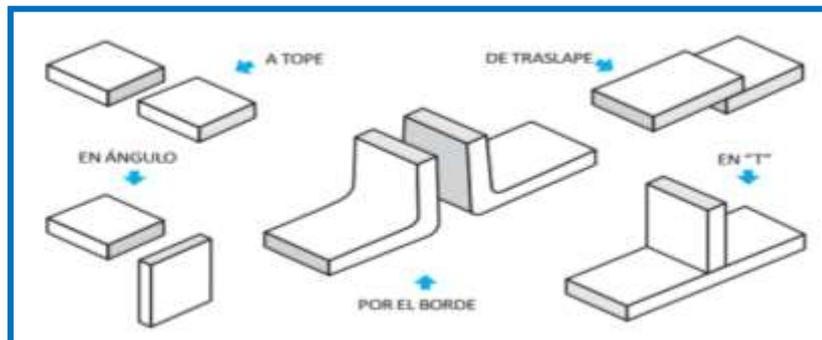


FIGURA N° 05: PREPARACIÓN DE JUNTAS PARA LA SOLDADURA
Fuente:<http://www.damasoldsac.com>

2.2.1.9 FACTORES FUNDAMENTALES PARA OBTENER UNA BUENA SOLDADURA

Los siguientes factores son determinantes para obtener una buena junta en la soldadura eléctrica:

- **Electrodos apropiados para el trabajo, secos y bien conservados**

Es muy importante seleccionar correctamente el tipo y diámetro del electrodo apropiado para el trabajo a realizarse.

- **Amperaje correcto**

La regulación de la máquina es de decisiva importancia para obtener buenas juntas de soldadura. A cada diámetro de los electrodos corresponde determinada escala de amperaje, desde un amperaje mínimo hasta un amperaje máximo. El soldador debe encontrar el amperaje adecuado para su trabajo, regulando la máquina entre amperaje mínimo y máximo señalado por el fabricante para cada tipo de electrodo.

- **Longitud adecuada del arco. Apropiado ángulo de inclinación del electrodo**

La longitud del arco, aunque no es posible determinarla en mm o fracciones de pulgada, se mide por los resultados de deposición del metal, o sea por

la forma del cordón y también por el comportamiento del arco.

- **Apropiada velocidad de avance**

El ángulo de inclinación del electrodo con respecto a la pieza de trabajo influye sobre la forma y aspecto del cordón y también sobre su penetración; de ahí la necesidad de trabajar con un ángulo de inclinación correcto.

- **Juntas limpias, libres de óxido, aceite y grasa**

Una lenta o excesiva velocidad de avance del electrodo produce defectos en la soldadura, razón para buscar un avance apropiado que produzca buenas juntas soldadas.

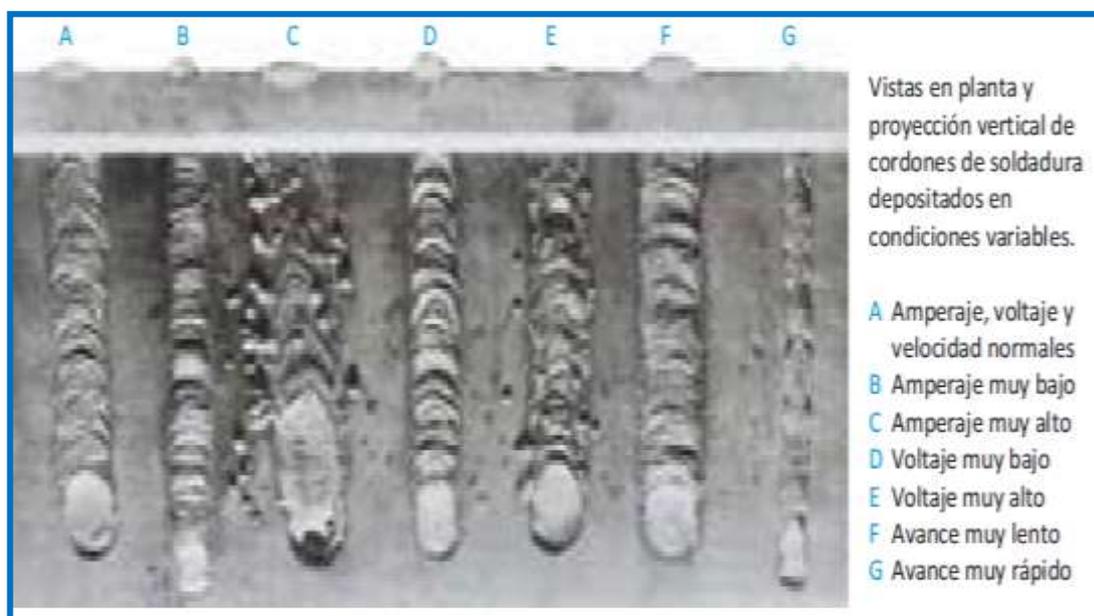


FIGURA N° 06: DEFECTOS QUE SE PRESENTAN POR MALA REGULACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE SOLDADURA

Fuente:<http://www.damasoldsac.com>

2.2.1.10 DILATACIÓN Y CONTRACCIÓN DE LOS METALES EN LA SOLDADURA

Todos los metales al calentarse aumentan de tamaño y se reducen al enfriarse. Este fenómeno se conoce como dilatación y contracción, respectivamente.

Durante el proceso de la soldadura, el calor producido por el arco tiende a calentar la pieza y, por lo tanto, a dilatarla. Una vez terminada la soldadura, la pieza se enfría y en consecuencia, tiende a contraerse. La dilatación y contracción de las piezas que se sueldan trae como consecuencia:

- La deformación de las piezas soldadas.
- La formación de tensiones internas, que debilitan la junta soldada.

No se puede evitar la dilatación y contracción, pero es posible ayudar a prevenir sus efectos mediante la aplicación de las reglas siguientes:

- Reducción de las fuerzas causantes de la contracción.
- Utilización de las fuerzas que causan la contracción, para reducir las deformaciones.
- Equilibrar las fuerzas de contracción por medio de otras fuerzas.

2.2.1.11 SOPLOMAGNÉTICO

El soplo magnético es un fenómeno, que ocasiona que el arco no se dirige hacia donde debiera, sino que se adelanta o atrasa y que también hace que la soldadura salpique mucho.

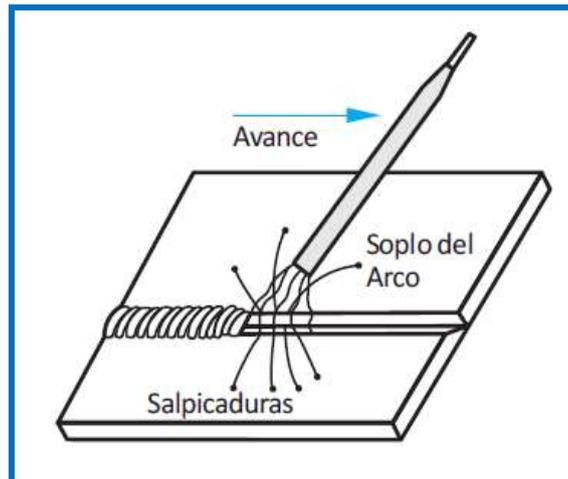


FIGURA N° 07: SOPLO MAGNÉTICO
Fuente:<http://www.damasoldsac.com>

Los maestros soldadores, que conocen el soplo magnético, no necesitan una descripción, pues la experiencia de soldar con la presencia de un soplo magnético es inolvidable.

El soplo magnético se produce, por lo general, al principio o al final de las juntas, en las juntas esquinadas y chaflanes profundos especialmente cuando se usan amperajes altos al soldar planchas gruesas. Dificulta mucho la soldadura, reduce la velocidad de avance y disminuye la calidad de la misma.

- **Causas del soplo magnético**

El soplo es producido por fuerzas magnéticas que actúan sobre el arco, desplazándolo de su curso normal. En todo elemento conductor de corriente se originan anillos concéntricos, conocidos como líneas de fuerza o flujo magnético. Estas líneas o fuerzas prefieren seguir por un cuerpo metálico en vez de por el aire; nunca se tocan y ejercen una fuerza, cuando se aproximan unas a otras.

Esta fuerza es proporcional a la cantidad de corriente que lleva el conductor. El espectro normal de las líneas de fuerza es distribuido en el extremo de la junta, donde el flujo se agrupa dentro del arco en vez de seguir por el aire más allá del extremo de la junta.

- **Cómo reducir el soplo magnético**

Para reducir el soplo magnético debe eliminarse sus causas, es decir eliminar o contrarrestar la intensidad de la fuerza o reducir las concentraciones del flujo.

Las siguientes son algunas medidas correctivas, que pueden ser de utilidad para reducir o eliminar este fenómeno:

- Reducir el amperaje.
- Soldar en dirección a un punto grueso de soldadura o hacia un cordón ya hecho.
- Uso del método del soldadura por retroceso en las soldaduras largas.
- Colocar la toma tierra tan lejos de la junta a soldar lo más lejos posible.

2.2.1.12 DEFECTOS QUE PUEDEN COMPROMETER LA RESISTENCIA DE LA UNIÓN

a) Socavaciones

Es una discontinuidad superficial que sucede en el metal base adyacente a la soldadura. Es una condición en la cual el metal base ha sido fundido durante el proceso de soldadura y no hubo una cantidad suficiente de material de aporte para llenar la depresión resultante.

El resultado es un agujero alargado en el metal base que puede tener una configuración relativamente filosa. Dado que es una condición superficial, es particularmente dañina para todas aquellas estructuras que vayan a estar sometidas a cargas de fatiga. Cuando son excesivas, comprometen la resistencia de las juntas soldadas; cuando son

leves, son consideradas como discontinuidad permisible.



FIGURA N° 08: SOCAVACIÓN ADYACENTE A UNA SOLDADURA DE FILETE

Fuente:<https://metfusion.wordpress.com>

b) Porosidades

Un tipo de discontinuidad que forma una cavidad provocada por gases que quedan ocluidos durante la soldadura; en algunos casos donde una soldadura debe formar un recipiente a presión para contener algún gas o líquido, la porosidad debe ser considerada como más dañina. Esto es debido a la posibilidad de que la porosidad genere una zona de debilidad. Una porosidad leve, ya es una discontinuidad inconveniente. Cuando la porosidad es numerosa, tiende a comprometer la resistencia de la estructura.

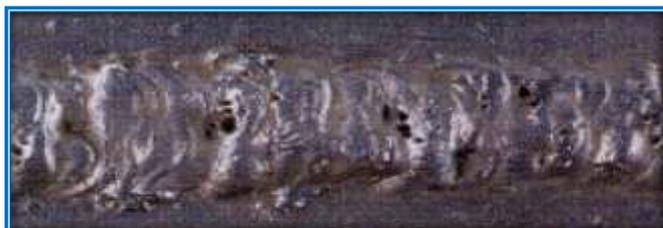


FIGURA N° 09: POROS SUPERFICIALES AISLADOS

Fuente:<https://metfusion.wordpress.com>

c) Fusión deficiente

Una discontinuidad de la soldadura en la cual la fusión no ocurre entre el metal de soldadura u las caras de fusión o los cordones adyacentes. Defecto que compromete gravemente la resistencia.



FIGURA N° 10: FALTA DE FUSIÓN EN LA SUPERFICIE DE LA SOLDADURA

Fuente:<https://metfusion.wordpress.com>

d) Mala penetración

A diferencia de la fusión deficiente, es una discontinuidad asociada solamente con la soldadura con bisel. Es una condición donde el metal de soldadura no se extiende completamente a través del espesor de la junta cuando es requerida junta con penetración total por una especificación. Compromete seriamente la resistencia de la junta.



FIGURA N° 11: JUNTA CON FALTA DE PENETRACIÓN

Fuente:<https://metfusion.wordpress.com>

e) Escoriaciones

Cuando son graves, comprometen la resistencia en forma muy seria. Aunque sean leves desmejoran el aspecto.



FIGURA N° 12: INCLUSIONES DE ESCORIAS SUPERFICIALES
Fuente:<https://metfusion.wordpress.com>

f) Grietas

Son el enemigo número UNO de las juntas soldadas. Son otras discontinuidades del metal base relacionadas con el proceso de fabricación del acero. Difieren de la laminación en que están abiertas hacia la superficie laminada del metal en lugar de en el borde.

En sección transversal, tienen dirección paralela a la superficie laminada a lo largo de cierta distancia y después viran hacia esa superficie. Las grietas de laminación son descritas como unas grietas rectas longitudinales que pueden aparecer sobre la superficie del acero.

2.2.1.13 RECUBRIMIENTOS PROTECTORES

El recargue o recubrimiento protector consiste en el depósito de una o varias capas de soldadura de características muy especiales en las superficies de piezas desgastadas o deterioradas, evitándose de esta manera el costoso reemplazo de la pieza.

Gracias a las capas de recargue o recubrimiento protector, que se aplican a las piezas mediante electrodos de soldadura eléctrica, varillas de soldadura oxi-acetilénica, alambres tubulares u otros procedimientos, es posible:

- Recuperar piezas desgastadas o deterioradas.
- Reparar elementos de máquina.
- Proteger las superficies de las piezas o elementos sujetos a fuerte desgaste, prolongando su vida útil.

Los recubrimientos protectores se emplean, cuando las piezas deben poseer una o varias de las propiedades siguientes:

- La abrasión es producida por fricción de la pieza con rocas, arena, cascajo, tierra o cualquier materia no metálica.
- Resistencia al impacto o choques bruscos e intempestivos.

- Resistencia a la oxidación.
- Resistencia a la corrosión causada por acción de sales, ácidos u otros elementos.
- Resistencia a calor elevado y variaciones de temperatura, etc.

La dureza (Rockwell o Brinell) del metal depositado por un electrodo de recubrimiento protector es la, que generalmente se toma como indicación de las cualidades de resistencia al desgaste. Sin embargo, lo que el grado de dureza realmente nos proporciona es una orientación sobre las propiedades del material depositado, ya que materiales diferentes con el mismo grado de dureza pueden tener reacciones completamente distintas al someterlos a las diferentes condiciones de desgaste o de servicio.

a) El desgaste - Su naturaleza

Desgaste es la pérdida de partículas metálicas de la superficie de una pieza por acción directa o por combinación de una serie de factores.

El estudio o investigación de estos factores nos permite determinar el tipo de desgaste a que está sujeta la pieza. Entre estos factores tenemos:

- **Abrasión**

Decimos que una pieza se desgasta por abrasión, cuando se encuentra en constante fricción con piedras, cascajo, arenilla, tierra, arena y otros materiales sólidos no metálicos. La abrasión produce erosión, raspado o cavitación de la pieza, lo que se traduce en un desgaste o deterioro de la misma.

- **Rozamiento metálico**

La presión del rozamiento y el calentamiento subsiguiente siempre producen desgaste y éste será mayor, si es que la superficie no se protege con capas de “recargue o recubrimiento protector” con un electrodo apropiado.

- **Corrosión**

Es el efecto que sufren las piezas cuando son atacadas por líquidos o sólidos que actúan en forma química, como es el caso de ataques por sales, ácidos u otros agentes químicos. La corrosión es un problema grave, que cada año causa grandes daños y perjuicios económicos a las empresas que usan o producen productos químicos, como son la industria del jebe, cueros, textiles, fertilizantes, papeles, alimentos, petróleo y la misma industria química.

- **Cavitación**

Es el desgaste que sufre el metal por acción de líquidos que están en movimiento. Este movimiento no siempre tiene un flujo laminar sino la mayoría de veces tiende a tener un flujo turbulento que, al formar remolinos puede afectar el metal produciendo pequeñas cavernas.

- **Choques e impacto**

Los golpes súbitos y violentos causan rotura, agrietamiento o desgaste de las piezas. El desgaste es resultado principalmente del efecto de molido que ejerce el choque o impacto sobre la superficie de la pieza.

b) Selección del electrodo más adecuado para el recubrimiento protector

La selección del electrodo adecuado se inicia con el reconocimiento de los factores que actúan en el desgaste a que está sujeta la pieza, así como de las exigencias de trabajo a que estará sometida.

Esta determinación inicial se complementa con el estudio de los aspectos siguientes:

- Necesidad de maquinado o forjado del depósito de soldadura.

- Composición y condición de la pieza a recubrir.
- Si las características físicas de la pieza a recubrir no se alteran fuertemente por el calentamiento y/o enfriamiento brusco.
- Si la pieza resiste cambios de temperatura violentos y localizados, sin agrietarse o romperse.

c) Soldaduras especiales para recubrimientos protectores

- **Recubrimientos protectores de acero inoxidable**

Estos electrodos se pueden recomendar, cuando la pieza que va a recubrirse presenta una o varias de las siguientes condiciones:

- Cuando la composición química del metal base así lo exige, es decir cuando la pieza es de acero inoxidable.
- Cuando el metal base a recubrir es una aleación especial y los electrodos para recubrimientos protectores convencionales no dan resultados satisfactorios.
- Cuando la función que desempeñará la pieza o las condiciones en que trabaja, exigen un

electrodo de las características, que solamente ofrece un electrodo de acero inoxidable.

- Cuando la soldadura debe efectuarse con los amperajes más bajos, sin perjuicio de la buena función.

- **Recubrimientos protectores de aleaciones especiales**

La resistencia al desgaste de metales y aleaciones está en función de la microestructura del metal.

Las tres estructuras metalúrgicas más importantes, presentes en los depósitos de soldadura para Recubrimientos Protectores Especiales, son: Martensita, Austenita y Carburos.

- **Martensita**

Es la estructura más común y más ampliamente usada en los depósitos de recubrimientos protectores; es resistente a todos los tipos de condiciones suavemente abrasivas y algunos ambientes severamente abrasivos. Tiene una alta dureza, que aumenta con el incremento del carbono. Los depósitos

martensíticos tienen moderada ductibilidad y mediana resistencia al impacto.

Las martensitas con más alto porcentaje de carbono presentan excelente resistencia a la abrasión por esmerilado.



FIGURA N° 13: MICROESTRUCTURA DE MARTENSITA
Fuente:<http://soldadurayestructuras.com>

○ **Austenita**

La austenita es blanda y dúctil; se auto endurece rápidamente durante el trabajo con impacto y posee buenas cualidades de resistencia a la abrasión por raspado. Los depósitos austeníticos tienen un núcleo tenaz y dúctil, que soporta una capa superficial que se endurece durante el trabajo.

La austenita es también una fase muy importante en depósitos de alto carbono que contienen carburos y sirve para impartir cierta

ductilidad a los mismos. Los depósitos austeníticos son excelentes como cojines amortiguadores, antes de aplicar las capas duras sobrepuestas.

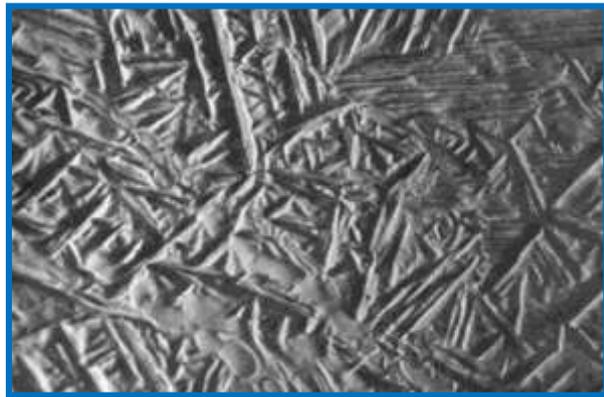


FIGURA N° 14: MICROESTRUCTURA DE AUSTENITA
Fuente:<https://www.upv.es>

- **Carburos en red**

La red de carburos se forma por precipitación a partir de una fusión de alto carbono, originando así red continua en el metal solidificado. Este tipo de carburo es una estructura extremadamente dura y frágil, con baja resistencia al impacto. En estos depósitos la estructura de carburo rodea la fase de matriz, que generalmente es austenítica.

Los carburos en red aumentan la resistencia al desgaste; también son efectivos contra la abrasión por esmerilado severo, siempre que

el carburo tenga mayor dureza que el abrasivo. El aumento de la resistencia al desgaste es proporcional a la cantidad de carburo presente, pudiendo alcanzar el depósito por saturación, las propiedades del carburo que son: alta dureza y baja ductilidad, lo que ocasionará depósitos frágiles y susceptibles a rajaduras.



FIGURA N° 15: FOTOMICROGRAFÍA MOSTRANDO CARBUROS EN RED

Fuente:<http://victordavidramos.blogspot.pe>

○ **Carburos dispersos**

Los carburos dispersos están rodeados por metal de ligamento. Un porcentaje relativamente alto puede estar contenido en un depósito de soldadura, antes que la resistencia y ductilidad del depósito alcancen los valores del carburo; la mayor dispersión del carburo en el depósito de soldadura refleja las propiedades del metal de liga, es decir de la

matriz. Son propiedades de la matriz las que controlan el empleo del carburo disperso.

Al emplear adecuadamente los depósitos con carburos dispersos se obtiene mejores resultados contra todos los tipos de desgaste, aún los combinados.



FIGURA N° 16: FOTOMICROGRAFÍA MOSTRANDO CARBUROS DISPERSOS

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec>

2.2.1.14 FALLAS DE LA PINTURA EN LAS SUPERFICIES

Son muchos y muy diferentes los factores que nos pueden influir a la hora de conseguir una buena aplicación. A fin de identificar los posibles defectos encontrados en las superficies pintadas se enumera a continuación los siguientes:

a) Piel de Naranja o Falta de Nivelación

Superficie con arrugas, mal igualada por falta de estiramiento o nivelación, con aspecto similar a la

piel de una naranja por exceso de aplicación de pintura.



FIGURA N° 17: PIEL DE NARANJA O FALTA DE NIVELACIÓN

Fuente: <https://www.bernardoecenarro.com>

b) Agrietamiento

Agrietamiento parcial o total de la superficie pintada durante la aplicación o su secado, la principal causa está relacionada con esfuerzos, ya sea debido al movimiento el sustrato o la tensión interna en el recubrimiento a medida que envejece.



FIGURA N° 18: AGRIETAMIENTO

Fuente: <https://www.bernardoecenarro.com>

c) Puntos de alfiler (Pinholes)

Pequeños picados superficiales producidos por rotura o deformación de la superficie de pintura,

generados por la salida de disolvente ocluido una vez seca la superficie exterior de la capa de pintura.



FIGURA N° 19: PUNTOS DE ALFILER
Fuente: <https://www.bernardoecenarro.com>

d) Espacios Vacíos

Esto ocurre por presencia de humedad en el aire comprimido y normalmente al operar el mezclador a alta velocidad, creando espuma o burbujas en la superficie del recubrimiento.

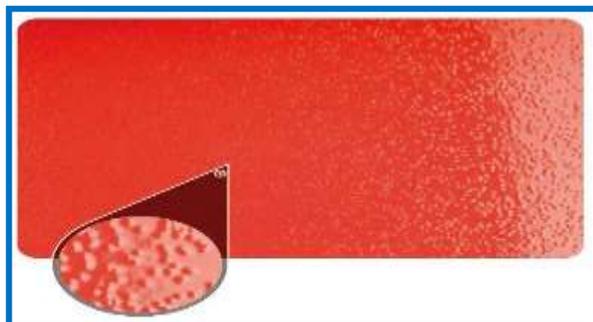


FIGURA N° 20: ESPACIOS VACÍOS
Fuente: <https://www.bernardoecenarro.com>

e) Rechupados

Defecto observado una vez seca la capa de pintura delimitándose un cerco de un área que ha sido reparada, normalmente con masillas de poliéster.



FIGURA N° 21: RECHUPADOS
Fuente: <https://www.bernardoecenarro.com>

f) Corrosión interna

Presencia de óxido en la zona del soporte debido a la presencia de humedad desencadenando la reacción electroquímica del metal con el oxígeno apareciendo ampollas o decoloraciones en la superficie de la pintura.



FIGURA N° 22: CORROSIÓN INTERNA
Fuente: <https://www.bernardoecenarro.com>

g) Descuelgues

Son escurridos de la pintura producidos al aplicarse ésta sobre superficies verticales, este defecto puede ser provocado por la aplicación de una capa

demasiado gruesa, el exceso de diluyente o el uso de un solvente equivocado, aplicación del recubrimiento al final del tiempo de vida útil de la mezcla o por una técnica de aplicación inadecuada.



FIGURA N° 23: DESCUELQUES
Fuente: <https://www.bernardoecenarro.com>

h) Falta de Curado

Este es un problema común en muchos proyectos, con frecuencia causados por temperatura ambiente baja o humedad relativa muy alta, empleo de disolventes muy lentos, exceso de producto aplicado (alto espesor), pinturas de secado oxidativo envejecidas o dosificación errónea de endurecedor en el caso de productos de dos componentes.



FIGURA N° 24: FALTA DE CURADO
Fuente: <https://www.bernardoecenarro.com>

i) Falta de adherencia

Este defecto se debe a la inadecuada preparación de la superficie (presencia de grasa o humedad), fondos en mal estado, lijado deficiente o selección incorrecta del sistema haciendo que la pintura se desprenda fácilmente del soporte o de la capa precedente.

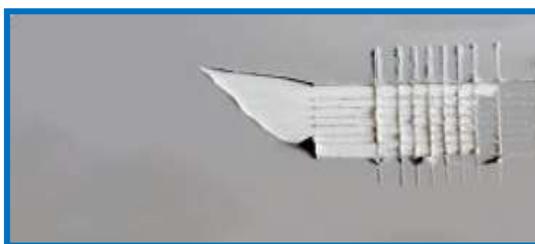


FIGURA N° 25: FALTA DE ADHERENCIA
Fuente: <https://www.bernardoecenarro.com>

j) Polvo y suciedad

Causado por falta de limpieza de la superficie a limpiar, lugar de pintado deficiente o en malas condiciones de mantenimiento, presencia de contaminantes o suciedad en la pintura, presencia de contaminantes o suciedad en el aire comprimido o equipo de aplicación o por el polvo ambiental.

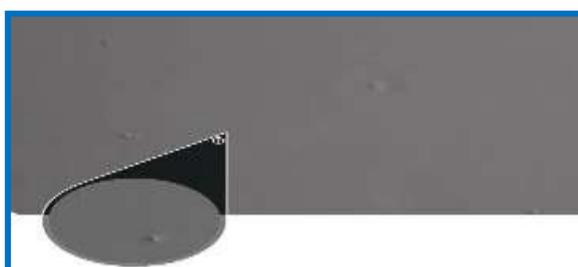


FIGURA N° 26: POLVO Y SUCIEDAD
Fuente: <https://www.bernardoecenarro.com>

2.2.2 CÓDIGOS, NORMAS Y ESPECIFICACIONES

Los códigos, normas y especificaciones son documentos que rigen y regulan actividades industriales; existe una variedad muy amplia de áreas, productos, servicios y sistemas objeto a las normas, y el alcance, campo de aplicación, extensión y estructura de estas también son muy variados. Las normas reflejan el consenso de las partes relacionadas con su campo de aplicación, por lo que cada organización que las prepara tiene comités o grupos de trabajo compuestos por representantes de las diferentes partes interesadas.

2.2.2.1 DEFINICIONES DE LOS CÓDIGOS, NORMAS Y ESPECIFICACIONES

Los códigos, y otros documentos de uso común en la industria tienen diferencias en cuanto a su extensión, alcance, aplicabilidad y propósito.

a) Código (CODE)

Es un conjunto de requisitos y condiciones generalmente aplicables a uno o más procesos, que regulan de manera integral el diseño, materiales, fabricación, construcción, montaje, instalación, inspección, pruebas, reparación, operación y mantenimiento de instalaciones, equipos, estructuras y componentes específicos. Es un cuerpo de leyes de una nación, estado o industria y constituyen un

soporte legal, están organizados en forma sistemática para su fácil referencia en concordancia con los procesos, procedimientos, materiales y personal involucrado. Es el documento más importante, pues siempre se considerará obligatorio o mandatorio.

ANSI / AWS D1.1	CÓDIGO DE SOLDADURA ESTRUCTURAL - ACERO 1/8 PLG
ANSI / API 1104	Soldadura de líneas de tubería e instalaciones relacionadas
ANSI / ASME sec. IX	Calificaciones de soldadura y brazing

TABLA N° 01: EJEMPLOS DE CÓDIGOS DE SOLDADURA
Fuente: <http://www.soldaceros.com.pe>

b) Especificaciones

Es una forma que describe clara y concisamente los requisitos esenciales y técnicos para un material, producto, sistema o servicio. También indica los procedimientos, métodos, clasificaciones o equipos a emplear para determinar si los requisitos especificados por el producto han sido cumplidos o no. Consiste en el documento de soporte que contiene una detallada descripción de las partes de un conjunto, allí se ubican características específicas tales como: dimensiones, espesores, composición química, resultados de ensayos, etc.

ANSI / AWS A5.1 A A5.30	ESPECIFICACIONES PARA ELECTRODOS Y MATERIALES DE APORTE
ANSI / AWS A2.4	Símbolos normalizados para soldadura y ensayos
API 12B	Para tanques cilíndricos para fluidos

TABLA N° 02: ESPECIFICACIONES
Fuente: <http://www.soldaceros.com.pe>

c) Norma o estándar

Es un documento utilizado como bitácora, su aplicación adquiere carácter mandatorio cuando se referencia a un código específico, de igual forma se utiliza como norma o base de comparación en la ejecución de diferentes actividades.

Aunque el estándar ha sido clasificado independiente con el término “norma”, tal y como es empleado por la AWS, ASTM, ASME y ANSI, es el nombre genérico que se asigna a diferentes documentos y se aplica de manera indistinta a los códigos, especificaciones, métodos, prácticas recomendadas, definiciones de términos, clasificaciones y símbolos por un comité patrocinador (vigilante) de cierta sociedad técnica y adoptados por esta y la combinación de esta. Los estándares nacionales de USA, son el resultado de un exigente procedimiento de revisión y votación de

los diferentes documentos por parte del Instituto Americano Nacional de Estándares-ANSI, para ser adoptadas. Una vez aprobadas por ANSI, llevarán la identificación de ambas organizaciones, tanto la ANSI como la organización que prepara el estándar.

La norma también llamada estándar es el establecimiento de una condición para el uso como una regla o comparación de cantidad, calidad, valores relativos, etc.; por ejemplo el acero ASTM A36.

ANSI / ASME	B 31.3
ANSI / AWS	D1.1
ANSI / AWS	D1.3

TABLA N° 03: EJEMPLOS DE ESTÁNDARES
Fuente: <http://www.soldaceros.com.pe>

d) Código ANSI-AWS D1.1/D1.1 M: 2010

El código estructural de soldadura - acero, (Structural Welding Code - Steel D1.1) especificación publicada por la AWS, regula el diseño, fabricación, inspección, calificación de procedimientos y personal para la construcción de estructuras soldadas de acero. Este código cubre los requerimientos de soldadura para cualquier tipo de estructura soldada hecha del

comúnmente usado acero estructural al carbono y de baja aleación. Las modificaciones respecto al año anterior aparecen subrayadas con líneas horizontales o verticales.

e) END requeridos por el código AWS D1.1-2010 para el control de calidad

Los END son la aplicación práctica del conocimiento técnico-científico logrados en el campo de la física y de las demás ciencias naturales, para la detección y evaluación de discontinuidades y fallas de los materiales, pero también se puede llegar a estudiar la composición y las variaciones de la estructura de los materiales usados en ingeniería. El código AWS D1.1-2010 provee en su sección 6 de inspección para el control de calidad de soldaduras de producción, cinco su documentación, criterios de aceptación y procedimientos de inspección.

f) SSPC: Sociedad de recubrimientos protectores

Principal fuente de información sobre la preparación de la superficie, la selección del revestimiento, la aplicación del revestimiento que afectan a la industria de los recubrimientos de protección.

SSPC-PA1: Especificación para la aplicación de pintura

Esta especificación cubre los procedimientos para el pintado de superficies de acero. El alcance de esta especificación es bastante amplio, cubriendo los requisitos tanto específicos como generales para la aplicación de la pintura. Esta especificación no proporciona descripciones detalladas de la preparación de la superficie, los pre tratamientos o la selección de los imprimantes y capas de acabado. Esta especificación proporciona una cobertura detallada de los procedimientos y métodos utilizados para la aplicación una vez seleccionados los materiales de recubrimiento.

SSPC-PA2: Especificación para determinar la conformidad del espesor seco de un recubrimiento

Esta norma describe un procedimiento para determinar en taller o campo la conformidad del espesor de película seca especificado en sustratos metálicos ferrosos y no ferrosos, utilizando equipos no destructivos de medición de espesor de recubrimiento.

2.2.3 DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS SEGÚN LA NORMA AWS D1.1 APLICADOS EN LA INSPECCIÓN DE LA SOLDADURA

A continuación se describen los procedimientos de los ensayos no destructivos aplicados, según la norma AW D1.1 en la inspección de la soldadura.

a) Ensayo partículas magnéticas (MT)

- **Procedimiento de ensayo por esquema de sobre posición**

El ensayo será siempre realizado por el método continuo de magnetización, en dos etapas por zona ensayada, siendo esta última realizada con el Yugo posicionando el campo magnético longitudinal aproximadamente perpendicular a la primera etapa. El esquema de sobre posición depende del tipo de junta. El espaciamiento entre polos del Yugo y la distancia entre los posicionamientos del Yugo depende del modelo del Yugo utilizado.

- **Esquema de Sobreposición Para Juntas Soldadas de Tope en Chapas Planas, Juntas Soldadas de Tuberías Con Diámetro Ø 1330 mm (52" NPS) Y Superficies Planas sin Soldadura**

El esquema de sobre posición será conforme al definido en la Figura 27 y la tabla nº 4.

TIPO DE CORRIENTE	TIPO DE POLARIDAD	TERMINAL (+)	TERMINAL (-)
CD	Polaridad directa (PD)	Cable de tierra	Cable del electrodo
	Polaridad inversa (PI)	Electrodo	Tierra (pieza de trabajo)
CA	No aplica	-	-

TABLA N° 04: RELACIÓN DE TIPO DE CORRIENTE Y POLARIDAD
Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

La secuencia del ensayo: 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, etc.

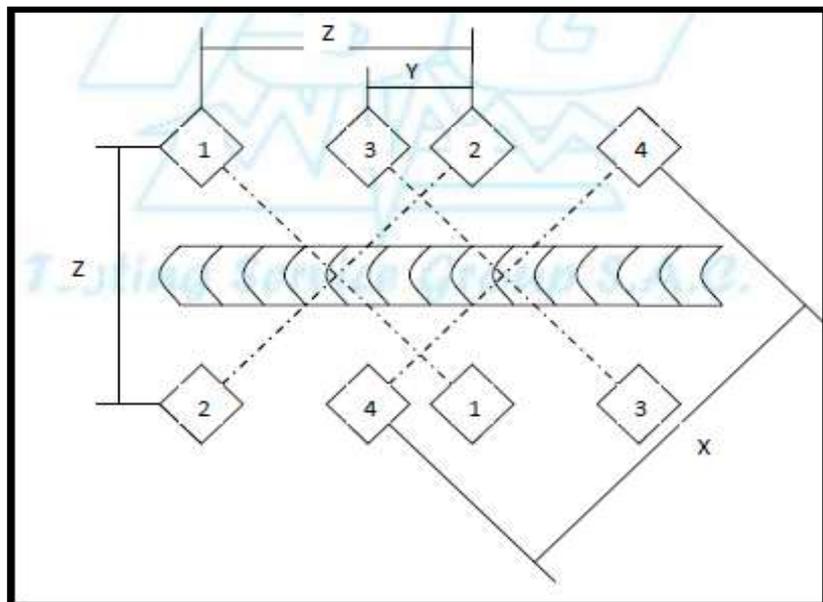


FIGURA N° 27: ESQUEMA DE SOBRE POSICIÓN PARA JUNTAS DE TOPE EN CHAPAS PLANAS

Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

En el ensayo de superficies planas sin soldadura, el esquema mostrado en la Figura 27 será ejecutado con la sobre posición "Y" hasta que toda la superficie sea inspeccionada.

YOKE	X(MAXIMO) mm	Y (MINIMO) mm	Z (MAXIMO) mm
Y6	150	45	106

TABLA N° 05: VALORES MÁXIMOS PARA X, Y, Z
Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

- **Esquema de Sobreposición Para Juntas Circulares y Longitudinales de Tope en Tuberías con Diámetro Ø150mm**

El esquema de sobre posición será conforme está definido en la figura 28 y la Tabla N° 06:

- 1ra Etapa: 1-1, 2- 2, 3-3, 4-4, etc. - 2da Etapa: A-A, B-B, C-C, D-D, etc.

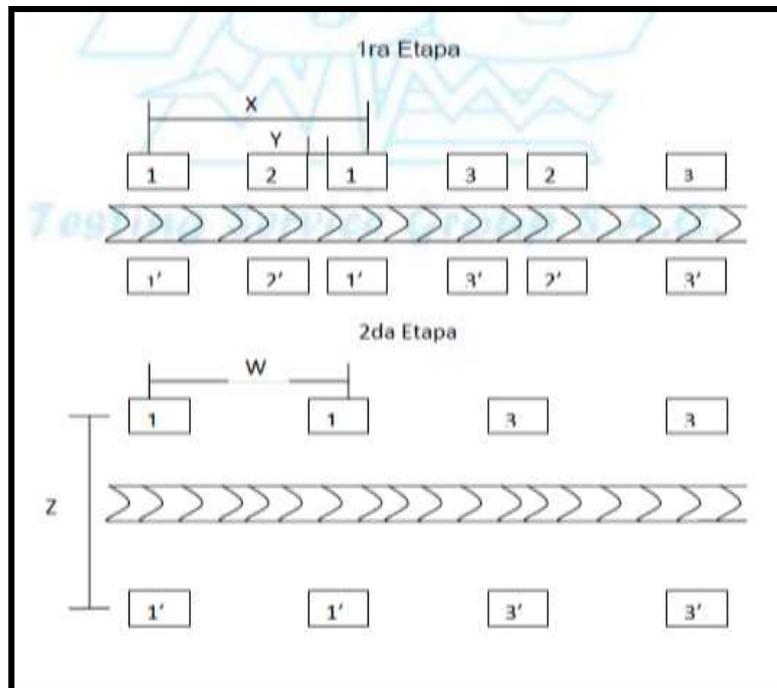


FIGURA N° 28: ESQUEMA DE SOBRE POSICIÓN PARA JUNTAS CIRCULARES Y LONGITUDINALES DE TOP
Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

YOKE	X(MAXIMO) mm	Y (MINIMO) mm	Z (MAXIMO) mm	W (MAXIMO) mm
Y6 +B	150	25	150	70

TABLA N° 06: VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS PARA X, Y, Z, W
Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

- **Esquema de Sobre posición Para Juntas Soldadas en Angulo y Otras Superficies en Angulo**

El esquema de sobre posición será definido conforme a la Figura N° 29 y a la Tabla N° 07.

A-53	Tubos de acero con o sin costura negros y galvanizados por inmersión en caliente
A-500	Tubos de acero para usos estructurales formados en frio con o sin costura de sección circular y otras formas.
A-501	Tubo de acero al carbono con o sin costura formado en caliente para uso estructural
A-570	Lamina de Acero al carbono laminada en caliente para usos estructural
A-606	Lamina de Acero de baja aleación y baja resistencia. Laminada en caliente
A-607	Lamina de Acero de baja aleación y baja resistencia. Laminada en caliente y frio
A-618	Tubo de acero para uso estructurales de baja aleación y alta resistencia
A-709	Acero estructural para puentes

TABLA N° 07: ACEROS ESTRUCTURALES. ESPECIFICACIONES ASTM PARA TUBERÍAS, LÁMINAS, PLANCHAS
Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

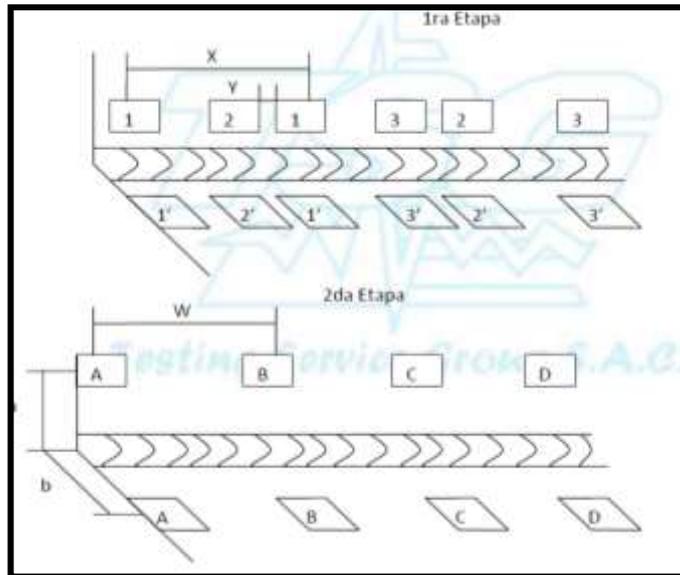


FIGURA N° 29: ESQUEMA DE SOBRE POSICIÓN PARA JUNTAS Y OTRAS SUPERFICIES EN ÁNGULO
Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

YOKE	X (MÁXIMO) mm	Y (MÍNIMO) mm	a+b (MÍNIMO) mm	W (MÁXIMO) mm
Y6 - B	150	25	150	70

TABLA N° 08: VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE X, Y, a+b, W
Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

Secuencia del ensayo:

- **1ra Etapa: 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, etc.**
- **2da Etapa: A-A, B-B, C-C, D-D, etc.**

Para soldaduras con ancho de acabado mayor que 25 mm y menor o igual a 50 mm, la 1ra etapa también será hecha por el otro lado de la soldadura, con secuencia 1'-1', 2'-2', 3'-3', 4'-4', etc. La 2da Etapa será realizada con la zapata del YOKE alejada por lo menos 30mm del margen de la soldadura. El ensayo será aplicado solamente cuando el ángulo formado entre los componentes fuera igual o mayor que 90°. Durante la ejecución del ensayo la zapata del Yugo

deberá estar apartada por lo menos 30 mm del margen de la soldadura.

b) Ensayo de Tintes Penetrantes (PT)

- **Métodos y Técnicas**

Principalmente los métodos se dividen según el método de remoción del penetrante.

FABRICANTE	MARCA COMERCIAL	PENETRANTE		REMOVEDOR	REVELADOR	
		REFERENCIA	METODO		REFERENCIA	METODO
		COMERCIAL	APLICACION		COMERCIAL	APLICACION
Magnaflux	Spotcheck	SKL -SP	Aerosol	Solvente	SKD -S2	Aerosol

TABLA N° 09: PENETRANTES VISIBLES REMOVIBLES CON SOLVENTE /REVELATOR NO-ACUOSO
Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

TIPO	METODO	PIGMENTO	CARAZTERIZACION
II (Visible)	C	Coloreado	Removible por solvente

TABLA N° 10: TIPO Y MÉTODO DE APLICABLE AL PROCEDIMIENTO
Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

- **Requisitos de Temperatura**

La temperatura del líquido penetrante y superficie de la pieza a ensayar debe mantenerse en el rango de 10°C a 52°C.

- **Preparación de la Superficie**

La superficie debe estar limpia, seca y libre de grasa y polvo, cascarillas, escoria y otras sustancias que puedan interferir en el resultado de la prueba.

- **Técnica de Preparación de la Superficie**

La superficie será preparada mediante el lijado o cepillado, el que sea más apropiado. Después de la limpieza deben ser limpiadas con un solvente apropiado y no contaminado.

- **Modo y Tiempo del secado de Limpieza Previa**

El secado será por evaporación natural, siendo el tiempo de secado de 5 minutos como mínimo.

- **Modo y Tiempo de Aplicación de Penetrante**

La aplicación será hecha por aerosol. El tiempo de penetración será como mínimo de 5 min, no pudiendo exceder los 60 min.

- **Remoción de Exceso de Penetrante**

El exceso será removido inicialmente con paños papeles absorbentes, limpios, secos libre de hilachas y pelusas.

Después deben ser utilizados paños o papeles levemente humedecidos con solventes. El solvente nunca debe ser aplicado directamente sobre la superficie de la pieza.

- **Modo y Tiempo de Secado antes de la Aplicación de Revelador**

El secado de la superficie será por evaporación natural por lo menos de 5 minutos.

- **Modo y Tiempo Máximo después de la Aplicación del Revelador**

El revelador será aplicado por aerosol, de modo que se obtenga una capa fina y uniforme en toda el área, inmediatamente después del secado de la superficie. El tiempo mínimo de espera

antes de evaluar es de 7 min. Y máximo de espera por acción del revelador será de 30 minutos. Antes y durante la aplicación, del recipiente del revelador será vigorosamente agitado para garantizar la homogeneidad de la suspensión.

- **Tiempo para la Interpretación**

La interpretación inicial es efectuada después 7 min como mínimo. Después de ser aplicado el revelador el tiempo es hasta 60 min. La interpretación final deberá ser efectuada entre 7 y 30 min después de la aplicación del revelador.

c) Ensayo de Ultrasonido (UT)

- **Prueba de Haz-Recto (Longitudinal)**

Cuando la discontinuidad es más grande que el transductor, una pérdida completa de reflexión posterior ocurrirá y una pérdida de 6 dB de amplitud y de medida a la línea central del transductor, es generalmente confiable para determinar los bordes de la discontinuidad. La evaluación aproximada del tamaño de los reflectores más pequeños que el transductor, será hecha comenzando fuera de la discontinuidad con el equipo calibrado en conformidad con 5.4 y moviendo el transductor hacia el área de la discontinuidad hasta una indicación en la exhibición (pantalla) comienza a tener forma. El borde principal de la unidad de la búsqueda a este punto es indicativo del borde de la discontinuidad.

- **Ensayo de Haz Angular (Transversal).**

El procedimiento siguiente será utilizado para determinar longitudes de las indicaciones que tienen dB más serios para la clase "D". La longitud de tal indicación será determinada midiendo la distancia entre las localizaciones de la línea central del transductor, donde la amplitud de la indicación cae en 50% (6 dB) debajo del grado para la clasificación aplicable del defecto. Esta longitud será registrada bajo "longitud de la discontinuidad" en el informe de prueba. Cuando es permitido por la amplitud de la discontinuidad, este procedimiento será repetido para determinar la longitud de las discontinuidades de clase A, B y C.

2.2.4 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE ADHERENCIA POR TRACCION DE PINTURA

- **Preparación del dolly y del recubrimiento**

Para eliminar óxido y contaminantes coloque la lija provista sobre una superficie plana y frote con ella la base de la dolly unas 4 o 5 veces. Crear una ligera rugosidad en el revestimiento con la lija facilitada.

- **Aplicación del adhesivo y del Dolly**

Mezcle el adhesivo según las instrucciones del fabricante y aplique una película uniforme de adhesivo en la base del Dolly a continuación pegar el dolly al área preparada para la prueba del revestimiento. Presionar suavemente el dolly para que aflore

cualquier exceso de adhesivo. No torcer ni mover el dolly sobre el revestimiento ya que podrían generarse burbujas de aire.

- **Prueba de tracción**

Abrir completamente la válvula de purga (en dirección contraria a las agujas del reloj), luego conectar el actuador al Dolly; Cerrar completamente la válvula de purga (en dirección de las agujas del reloj) finalmente, bombee presión en el sistema hasta que el dolly arranque el revestimiento.

- **Análisis de los resultados**

Los resultados de la prueba podrán considerarse 100% válidos cuando se retire completamente el revestimiento del sustrato. Cuando solo se retire una porción del revestimiento, los resultados específicos deberán anotarse.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

- Acero: Aleación de hierro con pequeñas cantidades de carbono y que adquiere con el temple gran dureza y elasticidad.
- Aseguramiento de calidad (QA): Planificar y sistematizar acciones para proporcionar confianza.
- Calidad: La calidad de un producto o servicio es la percepción que el cliente tiene del mismo, es una fijación mental del consumidor que asume conformidad con dicho producto o servicio.
- Control de calidad (QC): Es parte de QA para asegurar que los materiales, métodos, trabajadores, y el producto final cumplan con lo señalado en la especificación técnica.
- Corriente continua: Modo de suministro de energía eléctrica donde la polaridad de la tensión se mantiene constante.
- Corriente alterna: Se denomina a la corriente eléctrica en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente.
- Corriente eléctrica: Es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial.
- Defecto: Es una discontinuidad específica que puede comprometer el comportamiento de la estructura para el propósito que fue diseñada.
- Discontinuidad: Es algo que introduce una irregularidad en una estructura que de otra manera sería uniforme.
- Electrodo revestido: Son electrodos con una deposición inferior al grupo de alta deposición pero con una mejor tasa de solidificación.
- Estándares: Una norma es un conjunto de reglas estandarizadas que contienen un catálogo de requisitos.

- Fundentes: Es una amplia gama de productos químicos que se utilizan en los procesos de fusión de los minerales para rebajar el punto de fusión y eliminar parte de la escoria del propio proceso de fusión.
- Inspección: El propósito de la inspección en las operaciones de pintado es asegurar que el trabajo especificado se complete de acuerdo con lo especificado.
- Metal base: Uno de dos o más metales que se sueldan para formar una unión.
- Penetración: Es la profundidad de la zona fundida medida desde la superficie de la parte.
- Porosidad: Son burbujas de gas o cavidades sin material sólido en la estructura del cordón de soldadura.
- Recubrimiento: En muchos casos los recubrimientos son realizados para mejorar alguna(s) propiedades o cualidades de la superficie.
- Soldadura: Unión de dos elementos.
- Soldadura MIG: Es un proceso semiautomático o automático que usa una alimentación continua de alambre como electrodo y una mezcla de gas inerte o semi-inerte para proteger la soldadura contra la contaminación.
- Soldadura TIG: Es un Proceso de Soldadura por arco eléctrico donde se la coalescencia se logra debido al calor proveniente de un arco eléctrico que se establece entre un electrodo de tungsteno y las piezas a soldar.

CAPÍTULO III
DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL
FINAL DE CALIDAD

3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL FINAL DE CALIDAD

A. INSPECCIÓN DE SOLDADURA

1. Lectura de planos para verificar si está bien montado la estructura metálica de la base de la faja transportadora.
2. Inspección visual de la estructura metálica de la base de la faja transportadora.
3. Control dimensional, para lo cual se aplica los instrumentos de medición de acuerdo al plano de fabricación para verificar si tienen las medidas correspondientes de acuerdo al plano de fabricación.

4. Evaluar el cumplimiento de la norma AWS D1.1 de acuerdo a la inspección, generando un reporte de fallas de soldadura. De acuerdo a la falla detectada se aplica ensayos no destructivos: PT: Ensayo por tintes penetrantes y UT: Ensayo por ultrasonido.

B. INSPECCIÓN DE TRATAMIENTO SUPERFICIAL

1. Se realiza la preparación superficial donde se elimina toda escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante se evalúa el perfil de rugosidad y el grado de limpieza de superficie que debe ser SSPC-SP10 grado cercano a blanco eliminando un 95% de sombras de oxidación.
2. Se realiza la inspección visual del recubrimiento además del spot del espesor de pintura según la SSPC-PA2 Procedimiento para determinar la conformidad del espesor seco especificado para un recubrimiento.
3. Se realiza el ensayo de adherencia por tracción de pintura, según la norma ASTM D4541, determinando el nivel de adherencia, el cual debe estar entre 450 psi y 750 psi.

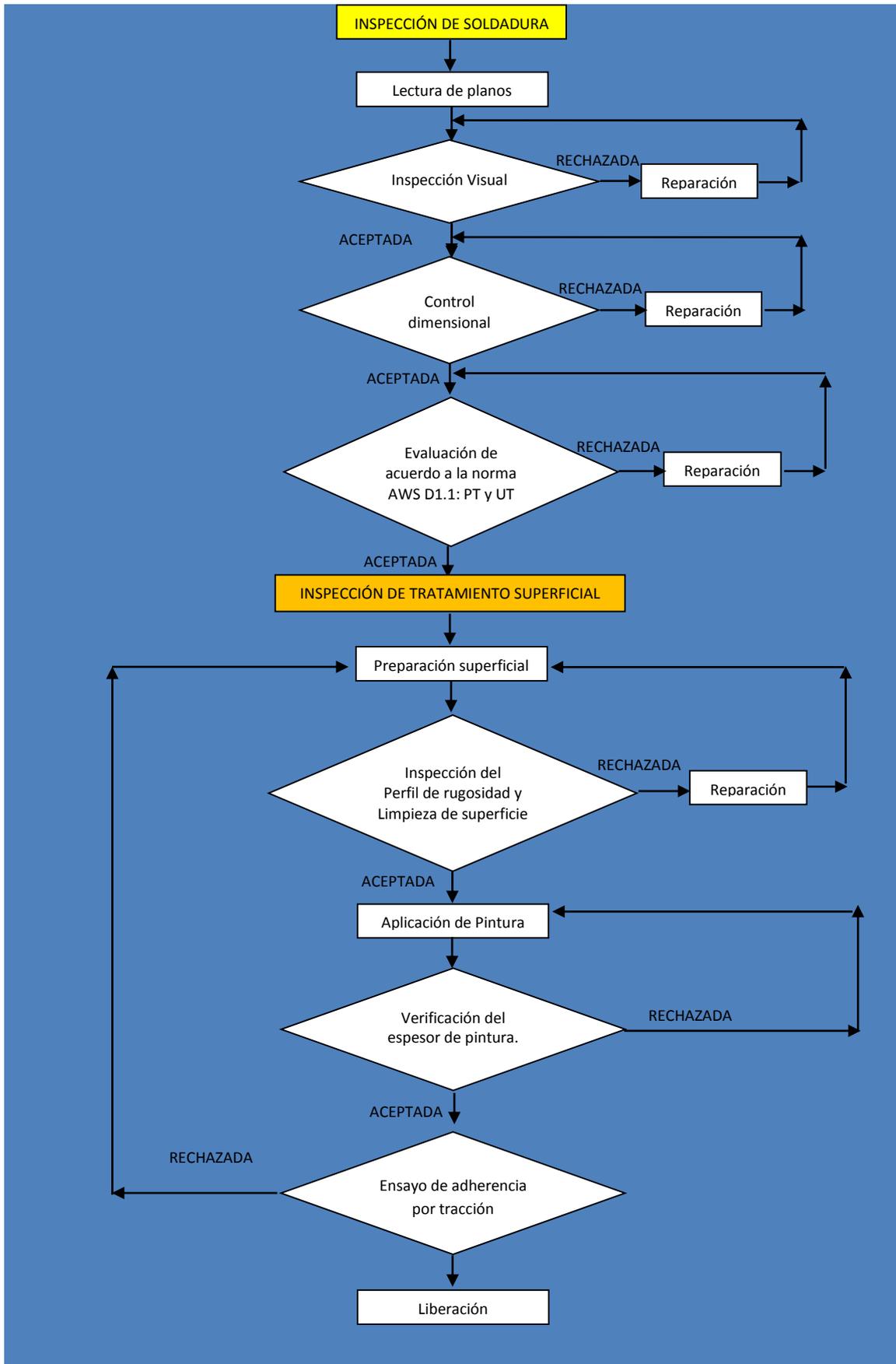
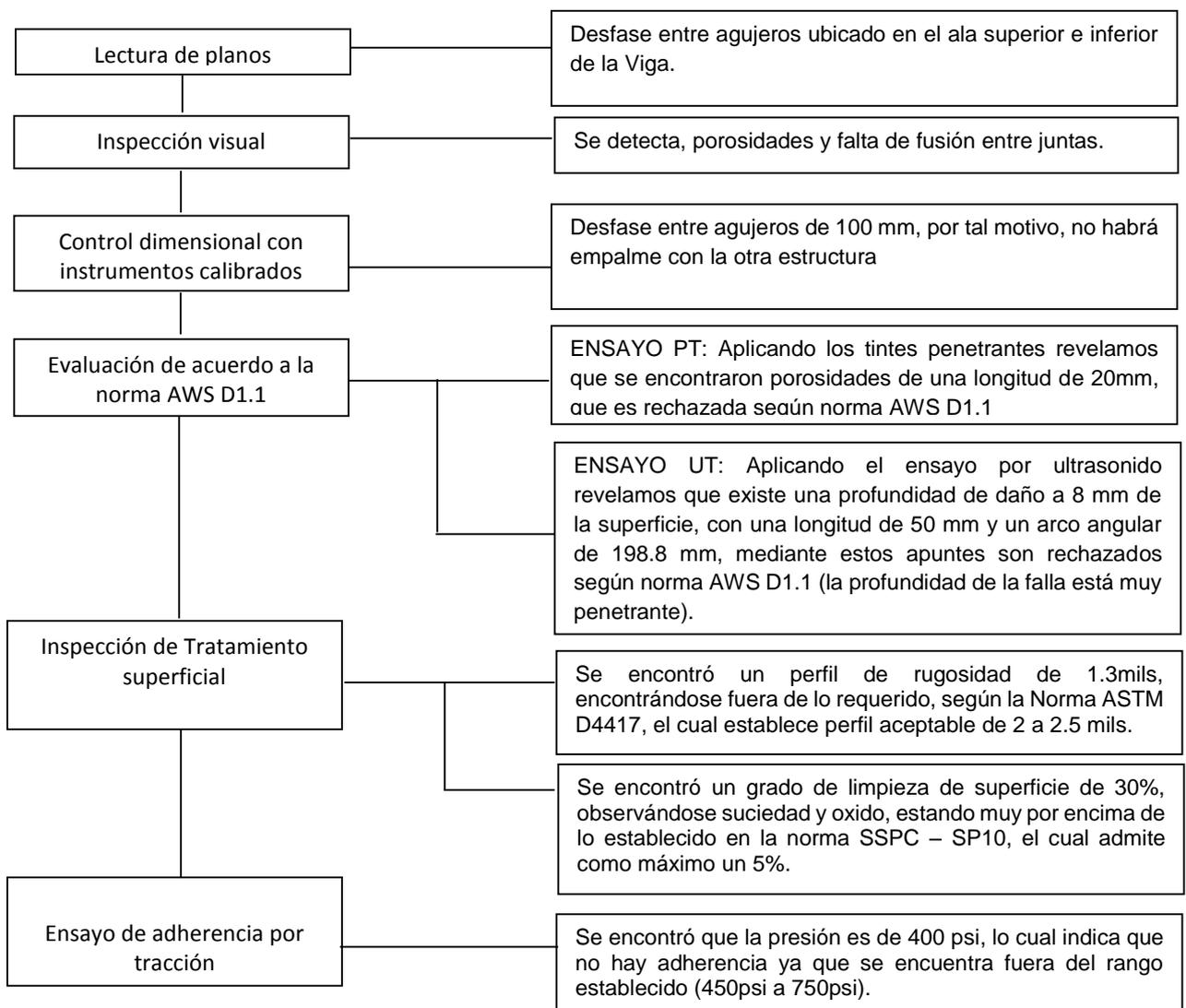


FIGURA N° 30: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL FINAL DE CALIDAD
Elaboración propia

3.2 APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL FINAL DE CALIDAD

Considerando que para el control final de calidad de la estructura metálica de la faja transportadora se utiliza diferente tipos de estructuras, columnas, planchas, vigas, etc. A continuación mostramos un caso de aplicación del procedimiento propuesto:



Elaboración propia

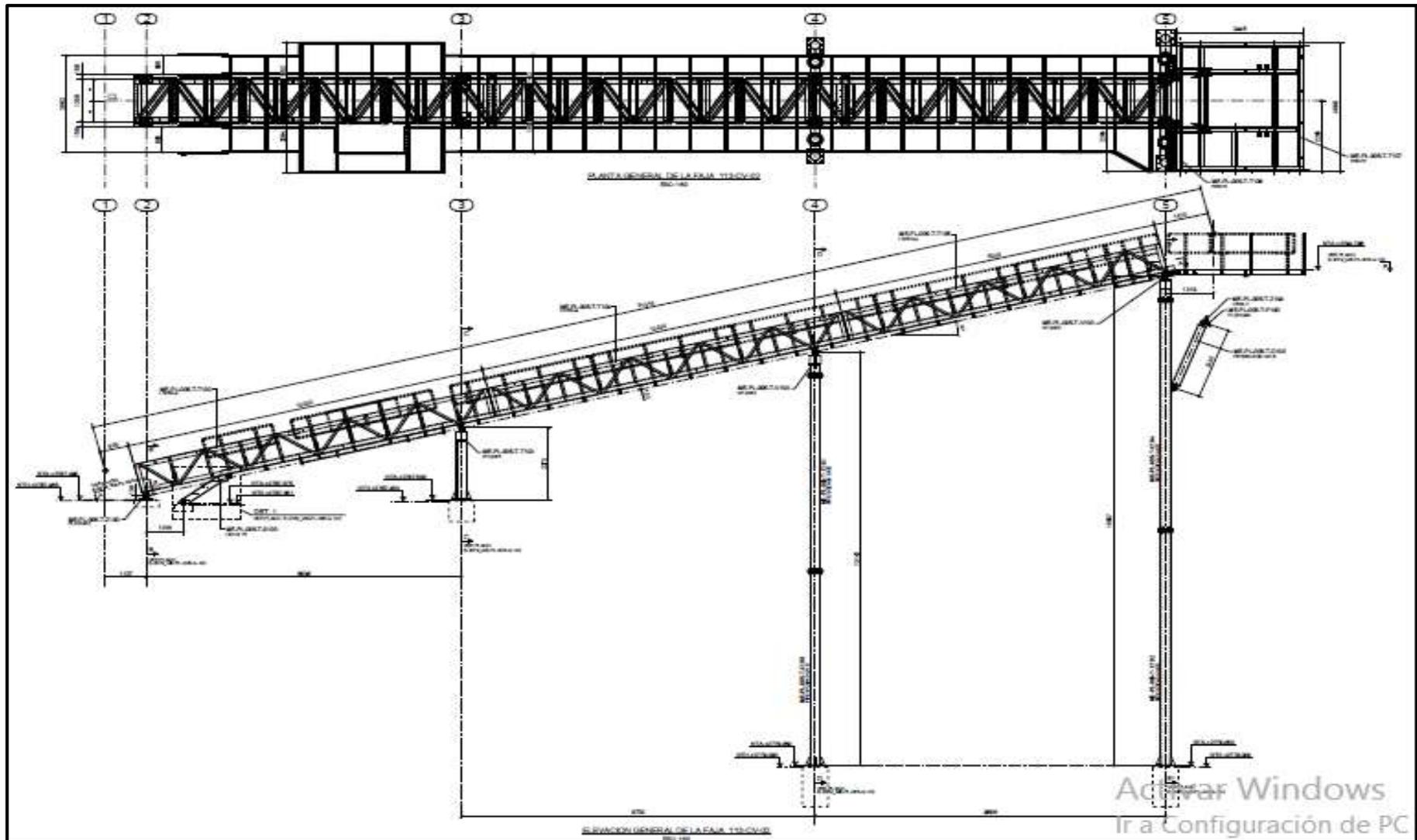


FIGURA N° 31: PLANO 1 - ESTRUCTURA METÁLICA DE LA FAJA TRANSPORTADORA
 Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

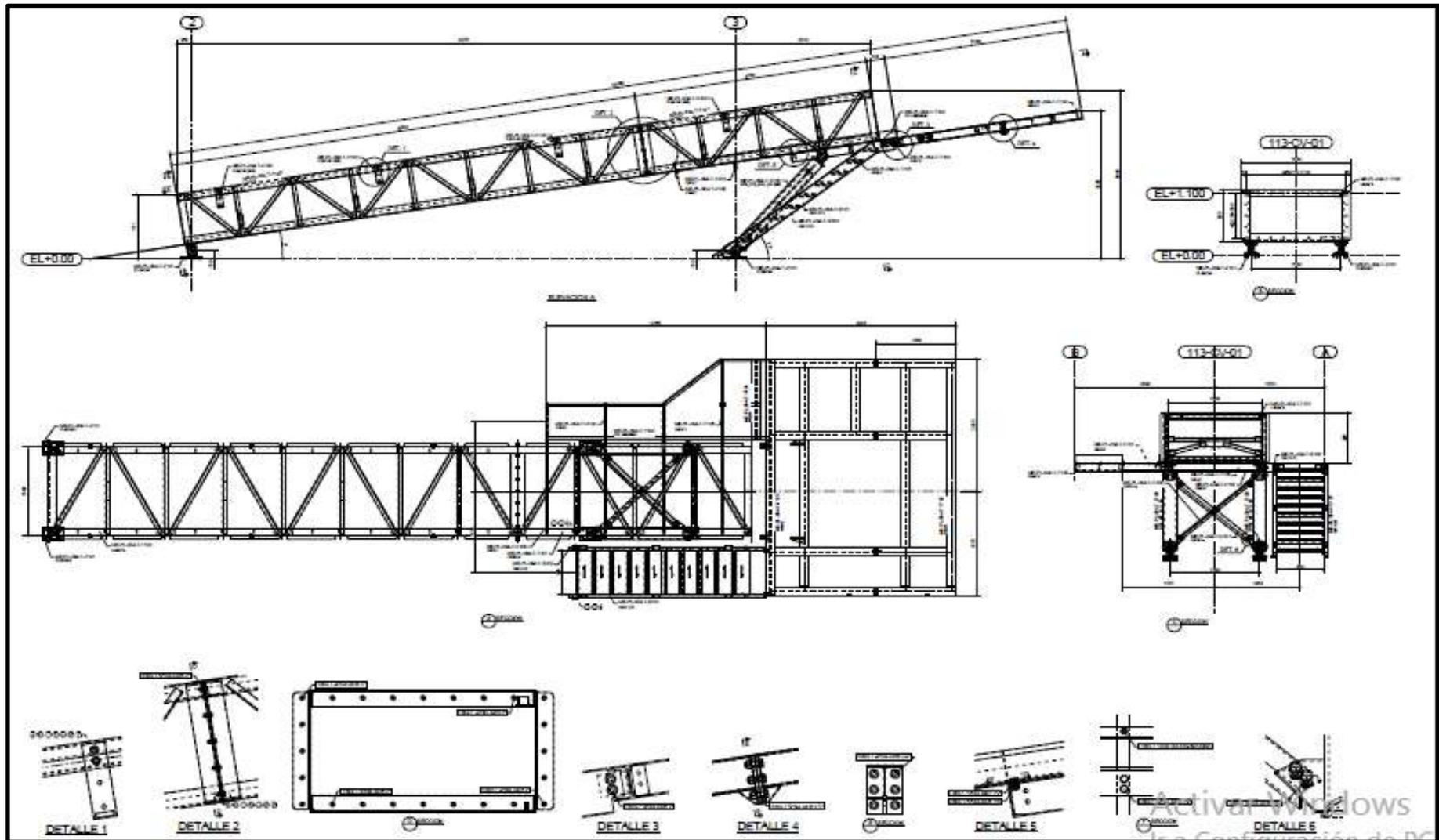


FIGURA N° 32: PLANO 2 - ESTRUCTURA METÁLICA DE LA FAJA TRANSPORTADORA
Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACION DE RESULTADOS

Como se muestra en el punto anterior, al aplicar el procedimiento de control final de calidad en las estructuras metálicas de la faja transportadora, se obtuvo que esta da como resultado la detección de fallas relacionadas a los ensayos en la inspección de soldadura y en la inspección de tratamiento superficial.

El procedimiento de inspección propuesto en este proyecto de ingeniería, se comenzó a utilizar a partir del 16/01/2017 demostrando en el cuadro comparativo adjunto, la reducción de fallas durante la fabricación de las estructuras metálicas de la faja transportadora.

ANTES DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL FINAL DE CALIDAD				DESPUES DE LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL FINAL DE CALIDAD			
Tipo de Elemento	Cantidades Fabricadas	Cantidades con Fallas	% de con fallas	Tipo de Elemento	Cantidades Fabricadas	Cantidades con Fallas	% de con fallas
Viga	13	10	77%	Viga	13	1	8%
Columna	15	12	80%	Columna	15	2	13%
Plancha	12	9	75%	Plancha	12	1	8%

TABLA N° 11: CUADRO COMPARATIVO EN RELACIÓN A LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE CONTROL FINAL DE CALIDAD

Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

- Cantidad de fallas antes de la aplicación del procedimiento: 31
- Cantidad de fallas después de la aplicación del procedimiento: 4
- Cantidad de fallas reducidas: 27

CONCLUSIONES

- Se concluye que la cantidad de fallas se redujo en 27, representando una reducción de 87% en referencia a la cantidad de fallas totales presentado en la TABLA N° 11 donde muestra el antes y después de la aplicación del procedimiento de control final de calidad sobre las estructuras metálicas de la faja transportadora, en la empresa Técnicas Metálicas Ingenieros SAC.
- Se concluye que se determinó el procedimiento de control final de calidad para las estructuras metálicas de la faja transportadora, la misma que incluyeron inspección de soldadura e inspección de tratamiento superficial, generando en su aplicación la reducción de fallas en el proceso de construcción.
- Se concluye que la cantidad de fallas detectadas luego de la aplicación del procedimiento de control final de calidad sobre las estructuras metálicas de la faja transportadora en la empresa Técnicas Metálicas Ingenieros SAC fueron 4, siendo entre estas fallas el incumplimiento por tratamiento superficial, perfil de rugosidad bajo, grado de limpieza elevado y presión de adherencia de pintura bajo.

RECOMENDACIONES

- En relación a la reducción de la cantidad de fallas en el proceso de construcción de las estructuras metálicas en la faja transportadora se recomienda formalizar el procedimiento propuesto y hacer una charla inductiva a los encargados del área a fin de concientizar en la importancia de seguir este procedimiento, ya que garantizara la satisfacción delos clientes

- En relación a los procedimientos de control final de calidad propuesto se recomienda realizar una evaluación periódica respecto al cumplimiento del mismo, a fin de garantizar la reducción de fallas en el proceso de construcción de las estructuras metálicas.

- En relación a la identificación de las fallas detectadas en la aplicación del procedimiento de control final de calidad se recomienda hacer un registro histórico de fallas, a fin de realizar todas las mejoras continuas, incidiendo particularmente en los procesos que generan las fallas.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ARREOLA, W. (2004).** Propuesta para el control de calidad a una empresa fabricante de estructuras metálicas en acero para bodegas a dos aguas. (Tesis de Pre Grado). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
2. **VILLACRÉS, C. (2009).** Implementación de un sistema de inspección para control de calidad de soldadura en estructura metálica con el uso de ensayos no destructivos para la Empresa INENDEC. (Tesis de Pre Grado). Universidad de las Fuerzas Armadas. Sangolquí, Ecuador.
3. **FERNÁNDEZ, A. (2010).** La importancia de la inspección de soldadura en la fabricación y montaje de estructuras metálicas. (Tesis de Pre Grado). Universidad Veracruzana. México.
4. **BERTRAND, L. (2000).** Control de calidad. Teoría y Aplicaciones. Madrid, España: DIAZ DE SANTOS S.A
5. **PERE, S. (2010).** Soldadura Industrial: Clases y Aplicaciones. Barcelona, España: MARCOMBO
6. **JEFFUS, L. (2009).** Soldadura Principios y Aplicaciones. Barcelona, España: PARANINFO
7. **SSPC: Sociedad de Recubrimientos Protectores (2000).** Revisiones editoriales

BIBLIOGRAFÍA ELECTRÓNICA

- http://www.damasoldsac.com/descargas/manual_de_soldadura.pdf
- <https://metfusion.wordpress.com/2013/08/10/imperfecciones-en-soldadura-tipos-de-discontinuidades/>
- <http://soldadurayestructuras.com/propiedades-de-los-metales.html>
- https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm07/pfcm7_4_11.html
- <http://victordavidramos.blogspot.pe/2008/10/metalografia-microscopica.html>
- <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/3716/1/15T00588.pdf>
- <https://www.bernardoecenarro.com/es/te-ayudamos/guia-pintado-industrial/defectos-causas-soluciones/7>
- <http://www.soldaceros.com.pe/wp-content/uploads/2015/09/ANSI-AWS-D1.1.-2000.pdf>
- http://www.soldexa.com.pe/soldexa/sp/support/documentation/upload/manual_de_bolsillo.pdf

ANEXOS

FORMATO DE ENSAYO DE ULTRA SONIDO

	Report of Ultrasonic Testing of Welds (UT) Reporte de Ensayo Ultrasonido de Soldaduras (UT)			Code: FO.GYN-005						
				Revision: 01						
				Date: 06/01/2013						
				Page: 1 of 6						
Project: OT: 018-2016 – CHANCADO Y AGLOMERACIÓN PARA 1200 TMPD	Report: INF.GYN-002-16 N°140	Test Date: 13-Febrero-2017								
Customer: TÉCNICAS METÁLICAS INGENIEROS S.A.C.	Attention: Ing. Jorge Gomez (Linea 2)									
Test Procedure: UT.GYN.PR-002-15	Type: ENREJADO									
Weld identification: E-2079 – CI-PL-014-T-T103_7	Material thickness: 6 mm.	Class: D (Cyclically loaded)								
Material: A500-GR.A	Technique: Haz angular									
Ultrasonic equipment: KEIYU, Tru-Test V6.2, N/S:110705	Welding process: FCAW									
Search Unit No. 24691	Angle: 70°	Frequency: 4Mhz	Size: 8x9mm							
RESULT (identify and describe each discontinuity) Resultado (identifica y describe cada discontinuidad)										
Line Línea	Joint Junta	From Face Desde la Cara	Welder Soldador	Area Examined Área Examinada (mm)	Distance (mm) Distancia (mm)		Ampl. Level Nivel Ampl	Length Longitud (mm)	Height Altura (h) (mm)	Comments and Status Comentarios y estado
					From X Desde X	From Y Desde Y				
1	J1	A	S-1050	300	--	--	--	--	--	Aceptado
2	J2	A	S-1050	300	--	--	--	--	--	Aceptado
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
SKETCH OR PHOTO IDENTIFICATION AND LOCATION OF WELDING DIBUJO O FOTO DE IDENTIFICACION Y LOCALIZACION DE SOLDADURA										
										
We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and that the welds were prepared and tested in conformance with the requirements— Annex S of AWS D1.1./D1.1.M (2010) Structural Welding Code –Steel. Nosotros, los abajo firmantes, certificamos que las declaraciones en este registro son correctas y que las soldaduras fueron preparadas y ensayadas en conformidad con los requerimientos - Anexo S del AWS D1.1./D1.1.M (2010) Código de Soldadura Estructural-Acero.										

Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

FORMATO DE ENSAYO DE TINTES PENETRANTES

	Report of Liquid Penetrant Examination of Welds (PT) Reporte del Examen de Líquidos Penetrantes de Soldaduras (PT)			Code: Código:	FORM.GYN-002-13					
				Revision: Revisión:	00					
				Date: Fecha:	10/11/2013					
				Page: Página:	1 of 2					
Project: Proyecto:	OT: 018-2016 - CHANCADO Y AGROMERACION PARA 1300 TMPD		Report: Reporte:	INF.GYN-001-16 (PT) N°41						
Customer: Cliente:	TECNICAS METALICAS INGENIEROS S.A.C.		Attention: Atención:	ING. MARLENE CHAUCA (Línea 4)						
Test Procedure: Procedimiento Ensayo	PT.GYN.PR-01-16		Tipo:	ENREJADO						
SKETCH OR PHOTO IDENTIFICATION AND LOCATION OF WELDING DIBUJO O FOTO DE IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE SOLDADURA										
										
Quantity: Cantidad:		02		Total Accepted: Total Aceptado:	02					
				Total Rejected: Total Rechazado:	00					
Line Línea	Weld Identification Identificación de soldadura	Joint Junta	Weider Soldador	Area Examined Área Examinada (mm)	Discontinuity Discontinuidad		Interpretation Interpretación		Remarks Observaciones	
					Type Tipo	Location (mm) Ubicación (mm)	Accept. Aceptado	Reject Rechazado		
1	E-2679-CI-PL-014-T-T103_17	J1	S-1629	360	-	-	X	-	-	
2	E-2679-CI-PL-014-T-T103_18	J1	S-1629	360	-	-	X	-	-	
3	/									
4	/									
5	/									
6	/									
7	/									
8	/									
9	/									
10	/									
PRE-EXAMINATION PRE-EXAMEN:		Surface Preparation: Preparación de Superficie:				Limpieza manual				
EQUIPMENT EQUIPO:		Penetrant Materials: Materiales Penetrante es:		Model: Modelo:	MR68C/MR85/MR70		Batch No.: Lote N°:		70/1183A, 88C/1052A, 85/1048A	
CLASSIFICATION OF PENETRANT EXAMINATION TYPES AND METHODS CLASIFICACIÓN DE EXAMEN PENETRANTE TIPOS Y METODOS:										
Type II - Visible Penetrant Examination Tipo II - Examen de Penetrante Visible										
Method A - Water washable Método A - Lavable con agua										
Method C - Solvent removable Método C - Removible con solvente										
		<input type="checkbox"/>	Penetrant dwell time Tiempo permanencia del penetrante		10 minutos		Material thickness: Espesor de material		22mm	
		<input checked="" type="checkbox"/>	Minimum light intensity: Intensidad mínima de luz		1000 lux		Surface Temperature: Temperatura de la superficie		18°C a 26°C	
				Material: Material:		A36		Welding process: Proceso de Soldadura:		FCAW
POST-EXAMINATION POST-EXAMEN:										
Cleaning (if required): Limpieza (si es requerido):			No requerido			Marking Method: Marcado Método:		Metal Marker		
IF:	Incomplete Fusion Fusión Incompleta	ESI:	Slag Inclusions Inclusiones de Escoria	CP:	Cluster Porosity Porosidad Agrupada	EU:	External Undercutting Socavado Externo			
EC:	External Concavity Concavidad Externa	P:	Porosity Porosidades	C:	Cracks Fisuras	AI:	Accumulation of Imperfections Acumulación de Imperfecciones			
We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and that the welds were prepared and tested in conformance with the requirements of AWS D1.1/D1.1M (2010) Structural Welding Code - Steel. Nosotros, los abajo firmantes, certificamos que las declaraciones en este registro son correctas y que las soldaduras fueron preparadas y ensayadas en conformidad con los requerimientos del AWS D1.1/D1.1M (2010) Código de Soldadura Estructural-Acero.										

Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

INFORME DE ENSAYO DE ADHERENCIA POR TRACCION

Superficie : Estructura metálica recubierta con el sistema completo de pintura:

CUADRO N° 01

N° de Capa	Producto	EPS (mils)
1ra	Sigmafast 205	3.0
2da	Sigmafast 205	2.0
3ra	Sigmadur 550	2.0
Espesor de Película Seca Total		7.0

EPS: Espesor de película seca.

CUADRO N° 02

Prueba de adherencia por Tracción según normativa ASTM D4541

N° Dolly	Código	Elemento	EPS (mils)	Presión (PSI)	Tipo de falla	Figura
1	E-2079-CI-PL-012-T-C101-1	Columna (En el ala)	8,6	1520	30% D, 70% Y	
2	E-2079-CI-PL-012-T-C101-1	Columna (En el alma)	9,3	2221	30% D, 70% Y	

EPS: Espesor de película seca.

DENOMINACIÓN DEL SUSTRATO, CAPAS, PEGAMENTO Y DISPOSITIVOS

A = Sustrato

B = 1era capa

C = 2da capa

D = 3ra capa

Y = Pegamento

Z = Dispositivo de arranque ó Dolly.

Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

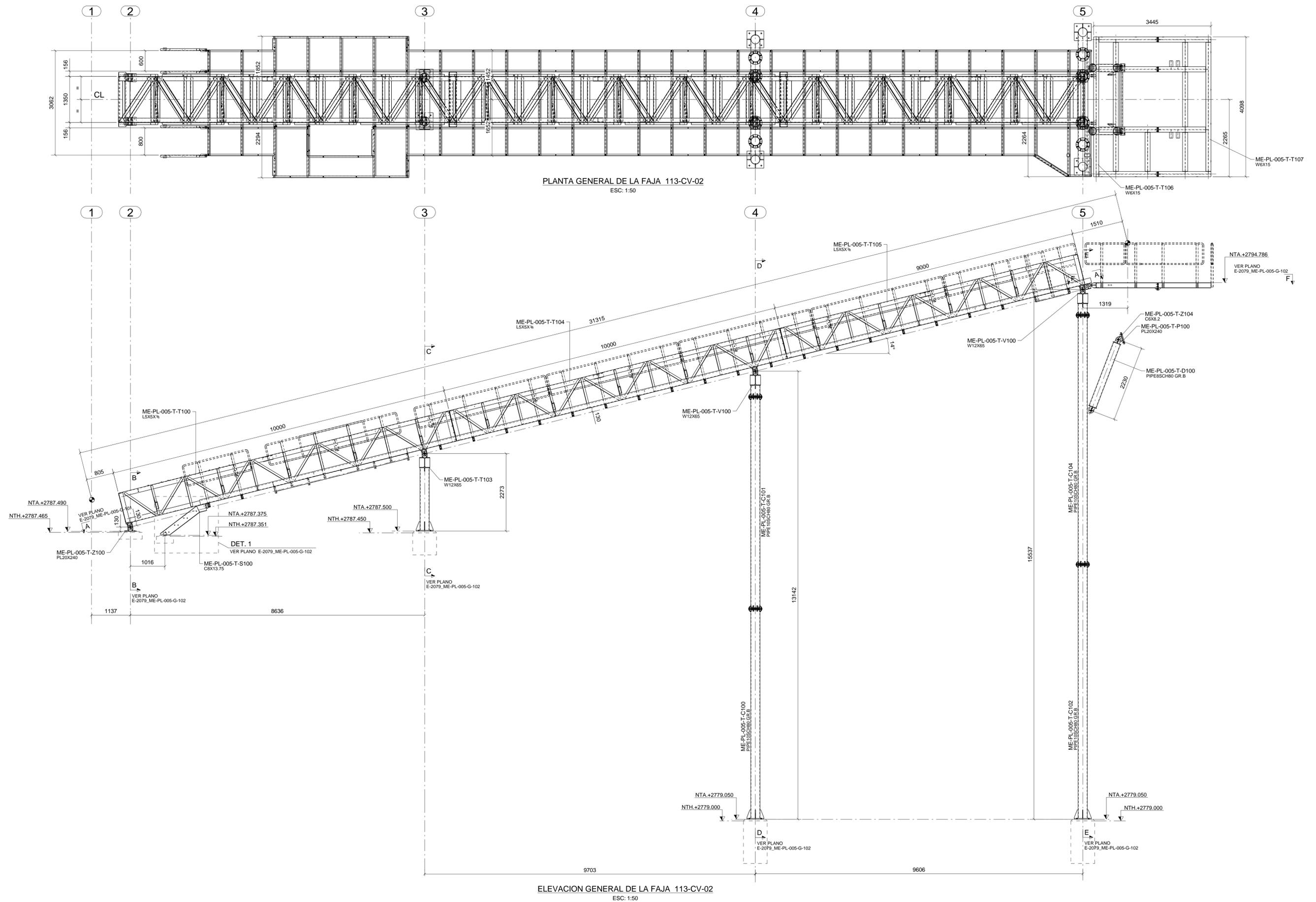
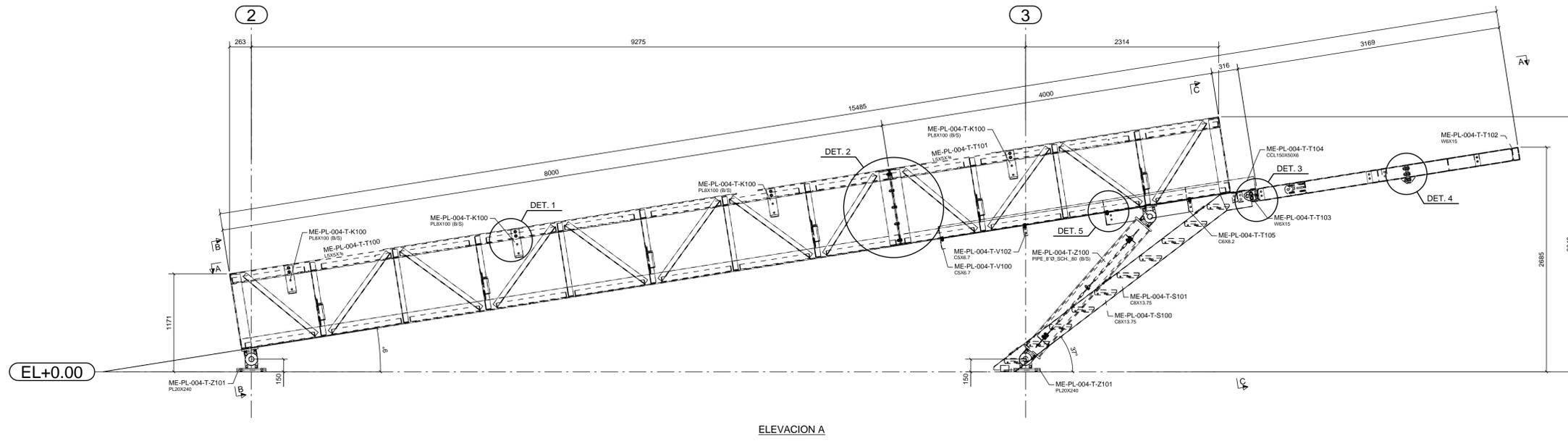
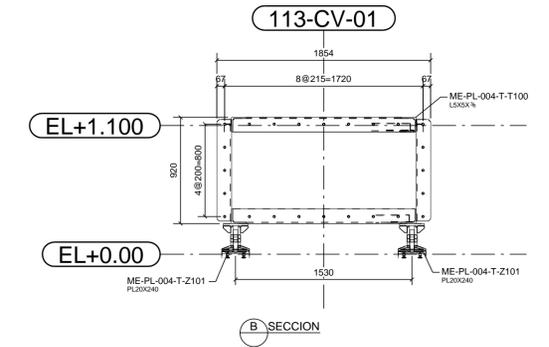


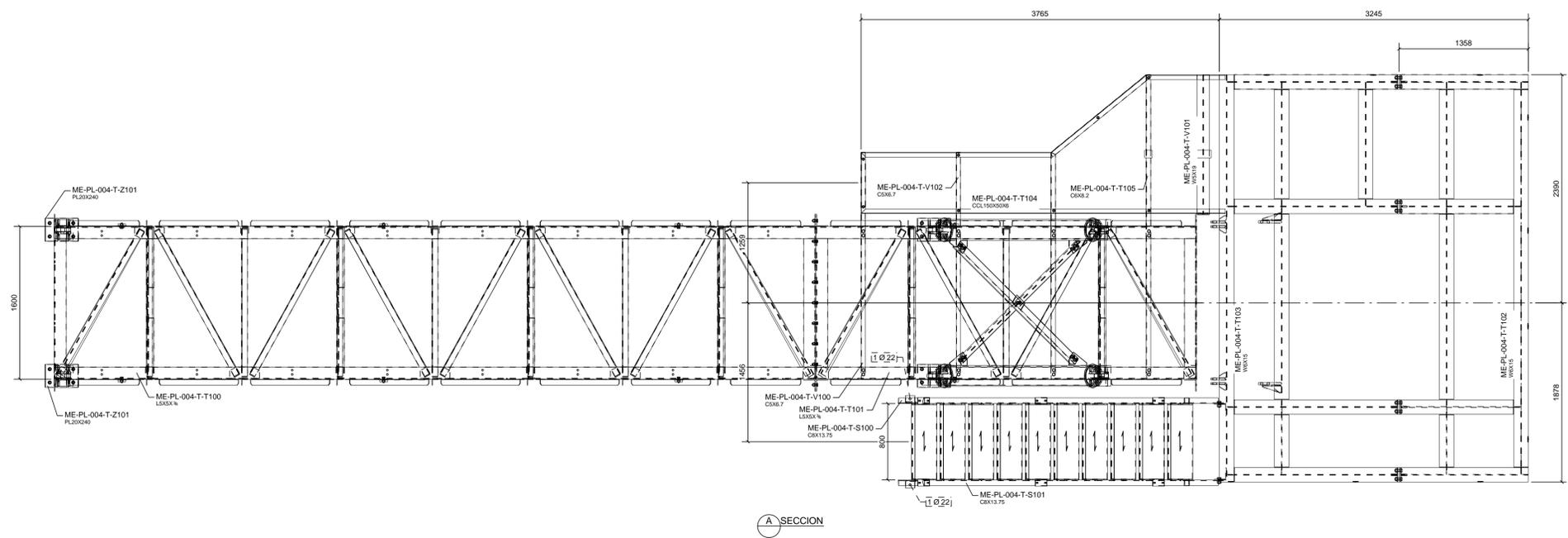
FIGURA N° 31: PLANO 1 - ESTRUCTURA METÁLICA DE LA FAJA TRANSPORTADORA
 Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C



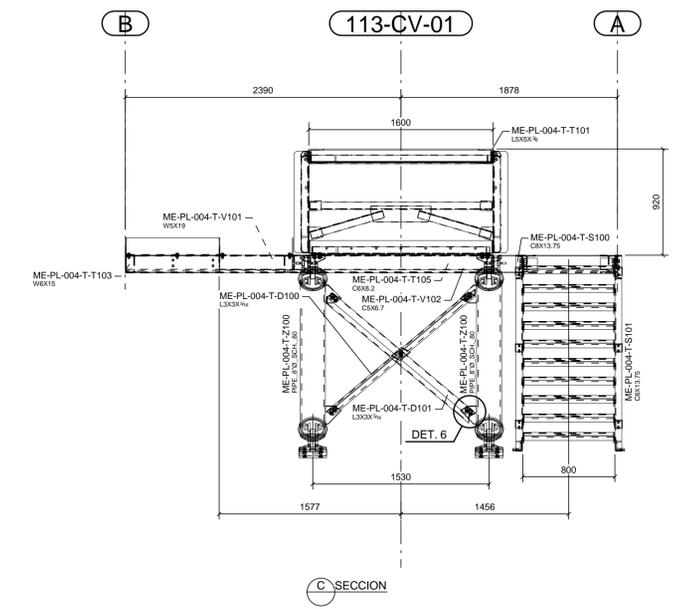
ELEVACION A



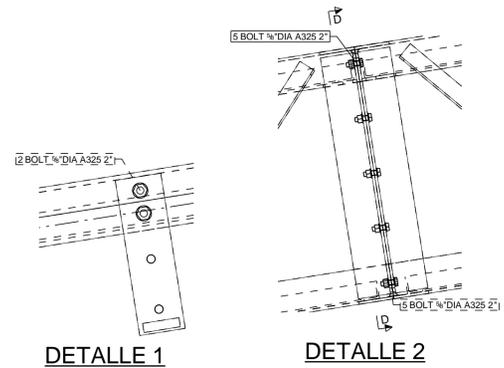
B SECCION



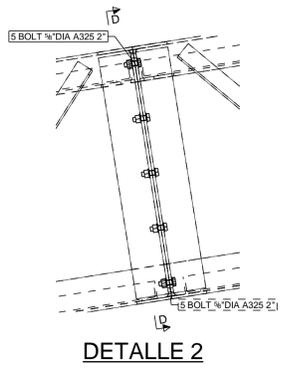
A SECCION



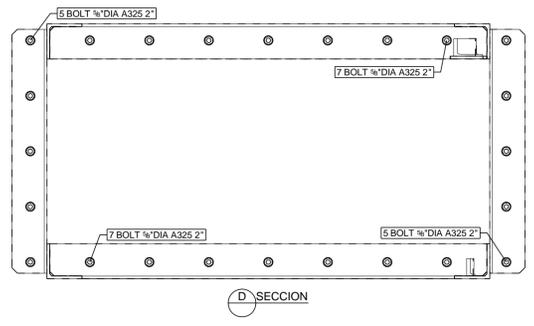
C SECCION



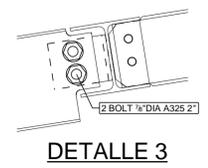
DETALLE 1



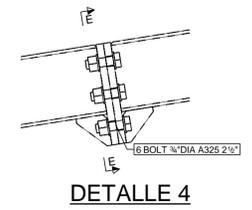
DETALLE 2



D SECCION



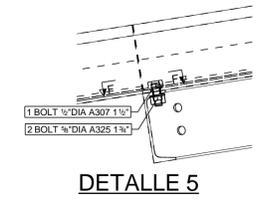
DETALLE 3



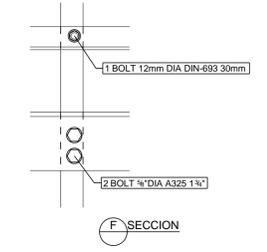
DETALLE 4



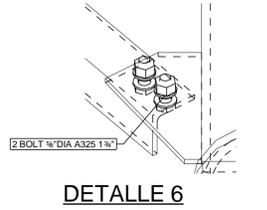
E SECCION



DETALLE 5

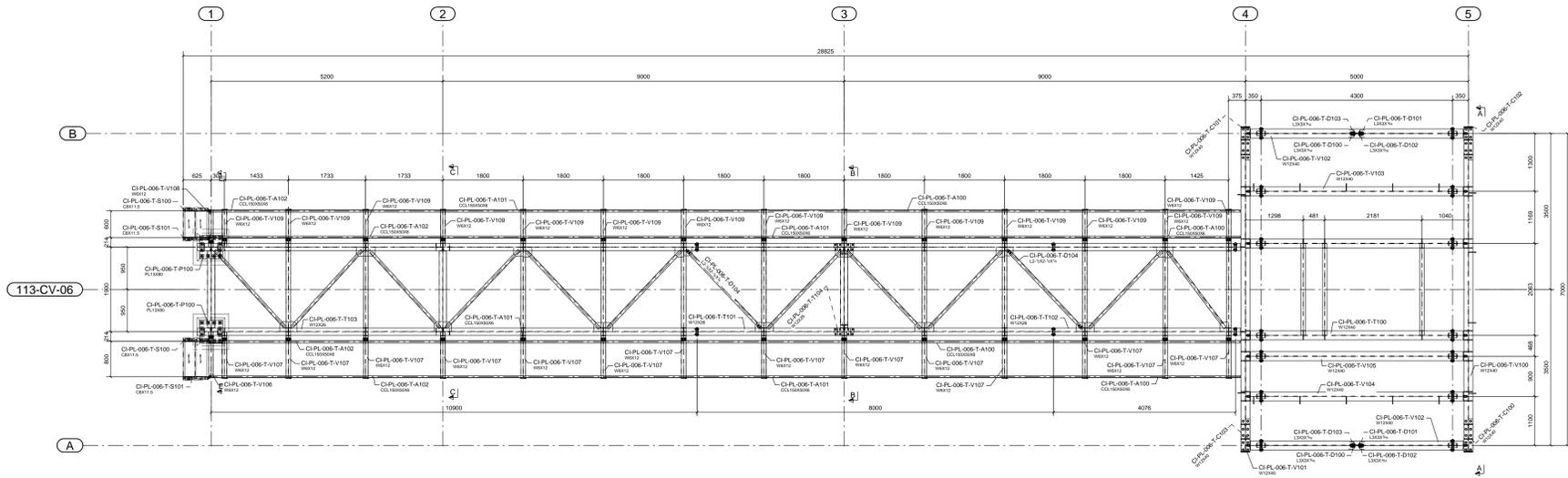


F SECCION

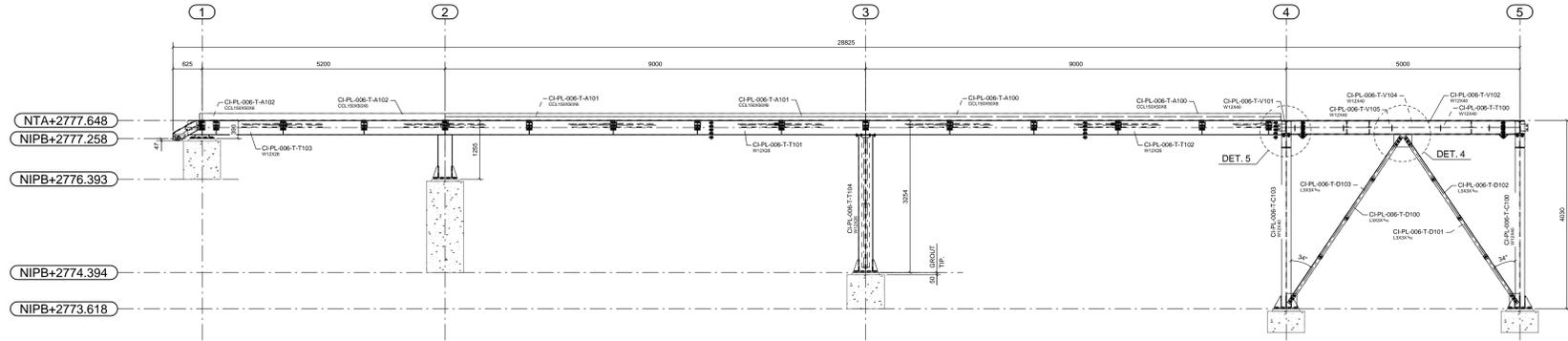


DETALLE 6

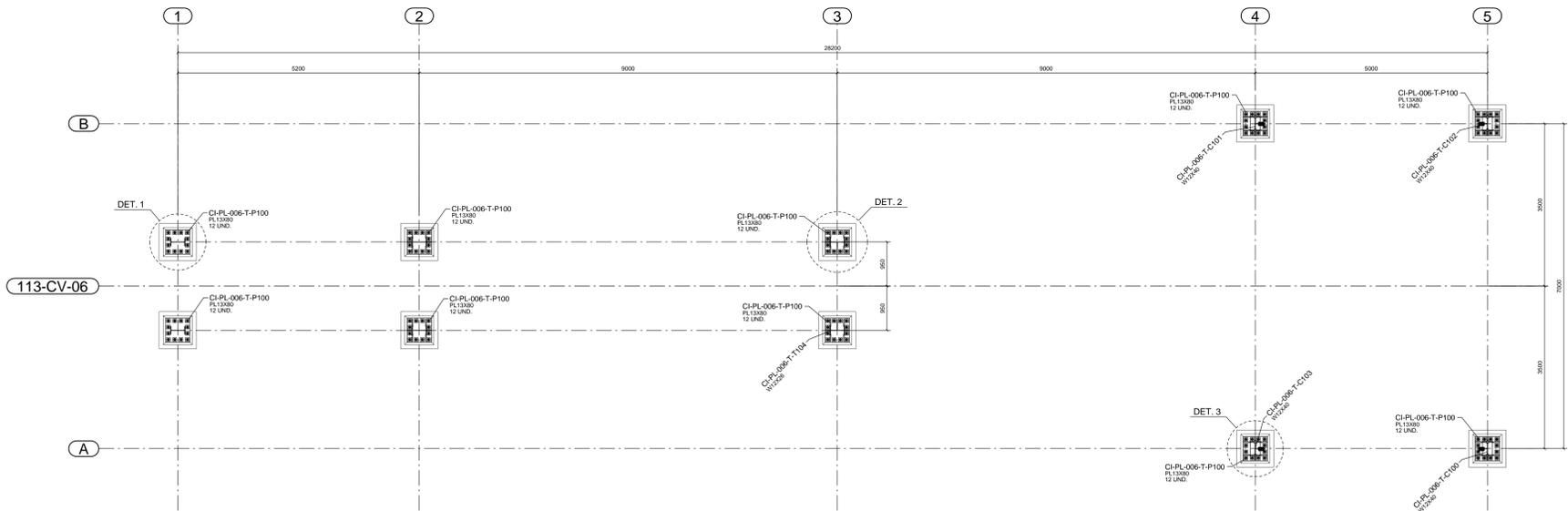
FIGURA N° 32: PLANO 2 - ESTRUCTURA METÁLICA DE LA FAJA TRANSPORTADORA
Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C



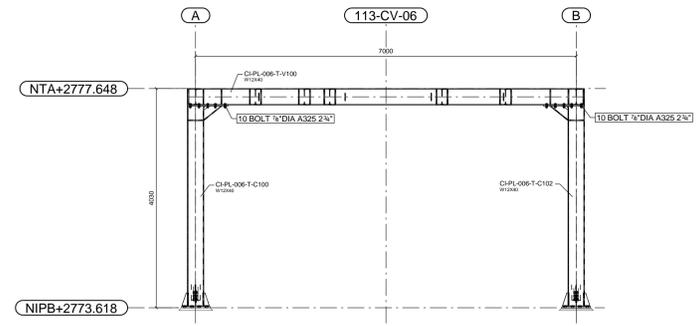
PLANTA NTA+2777.648



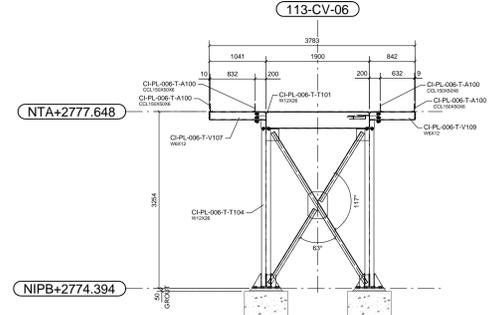
ELEVACION



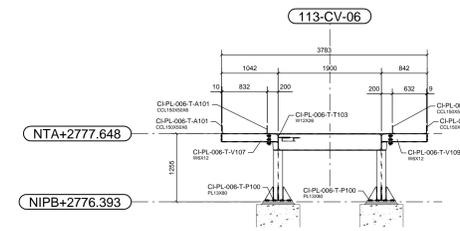
VISTA PLACAS BASE



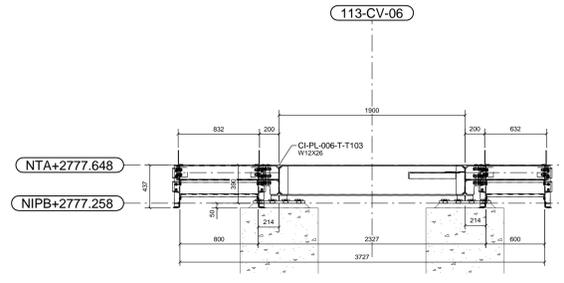
A SECCION



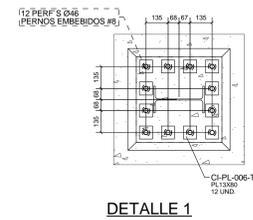
B SECCION



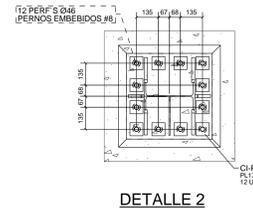
C SECCION



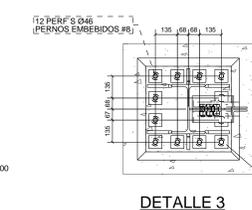
E SECCION



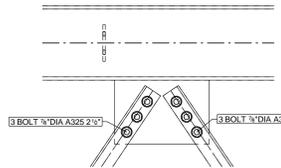
DETALLE 1



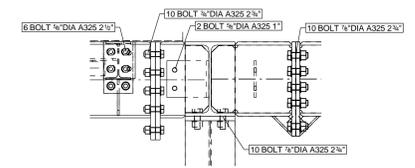
DETALLE 2



DETALLE 3



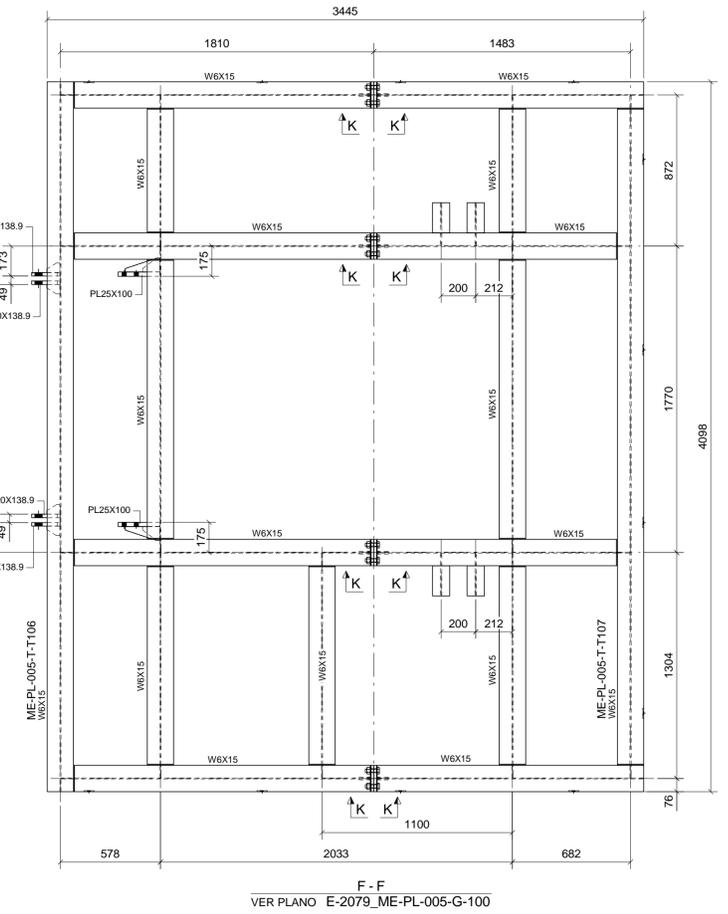
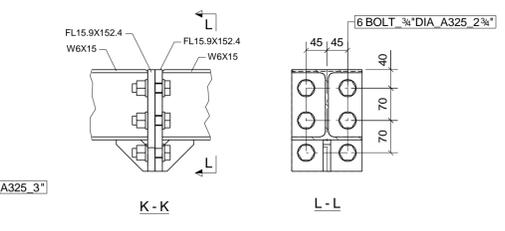
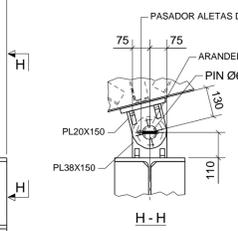
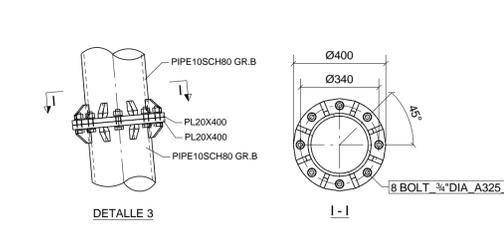
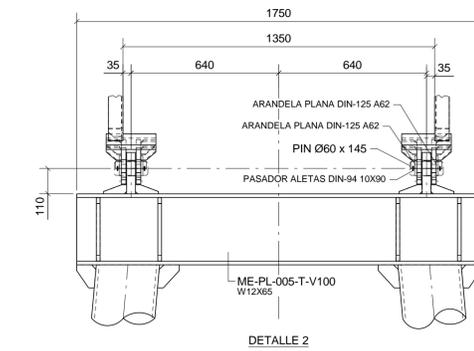
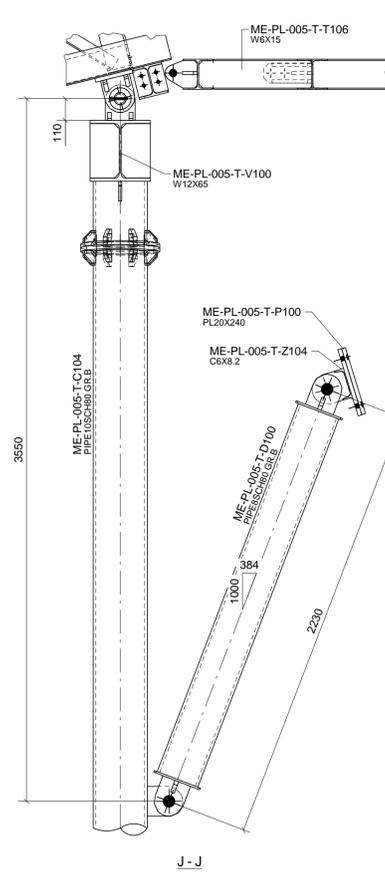
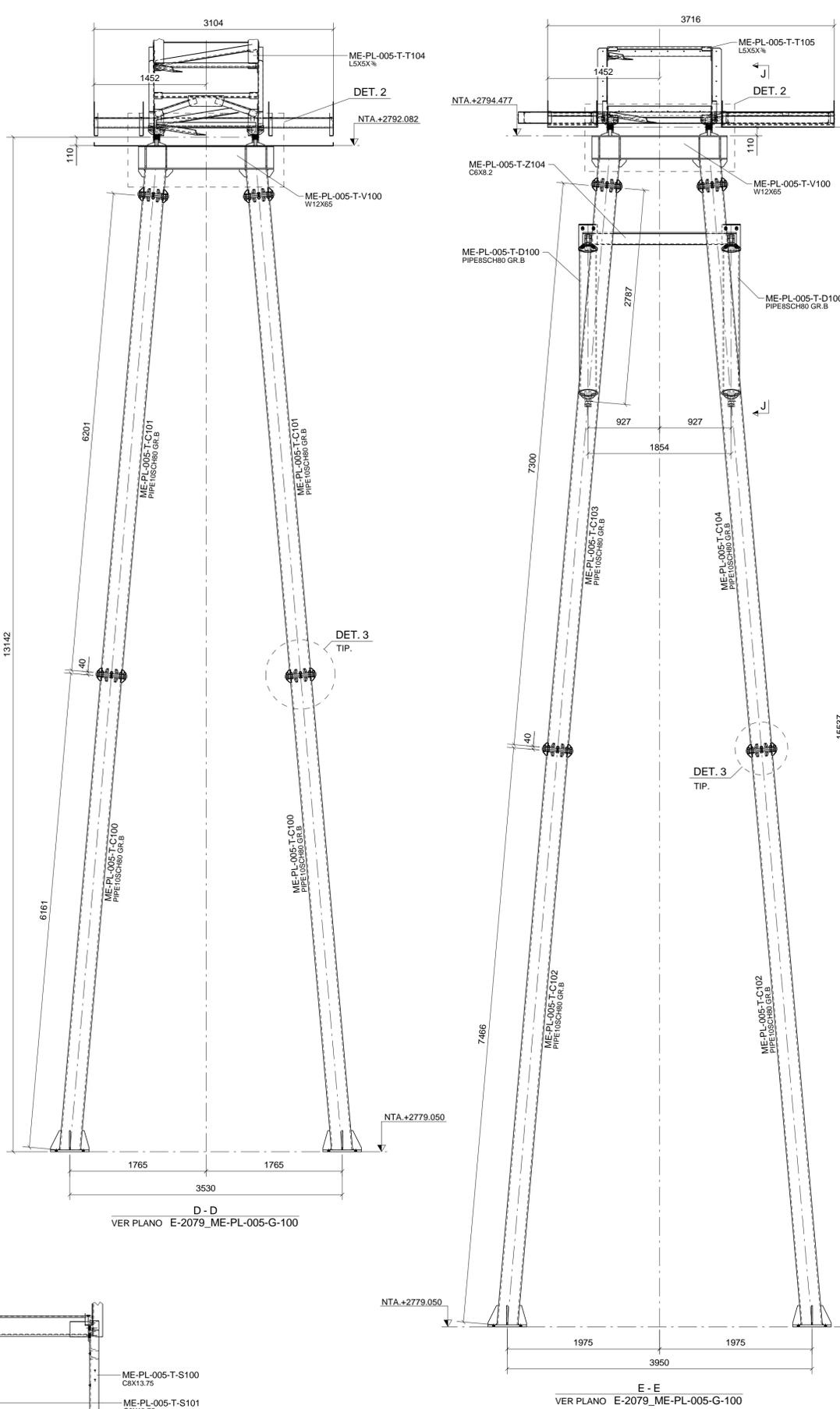
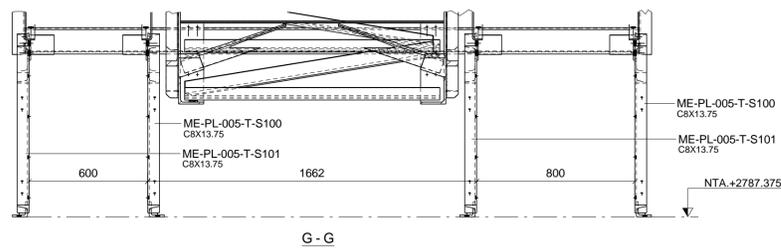
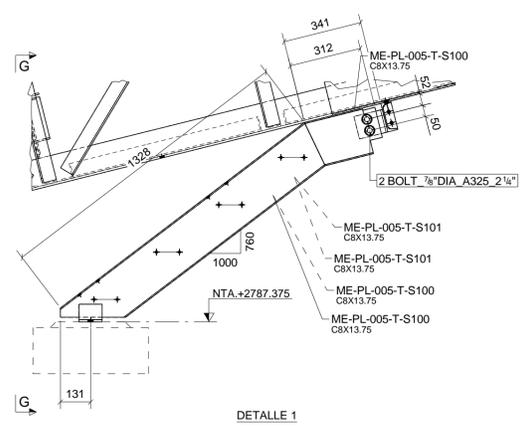
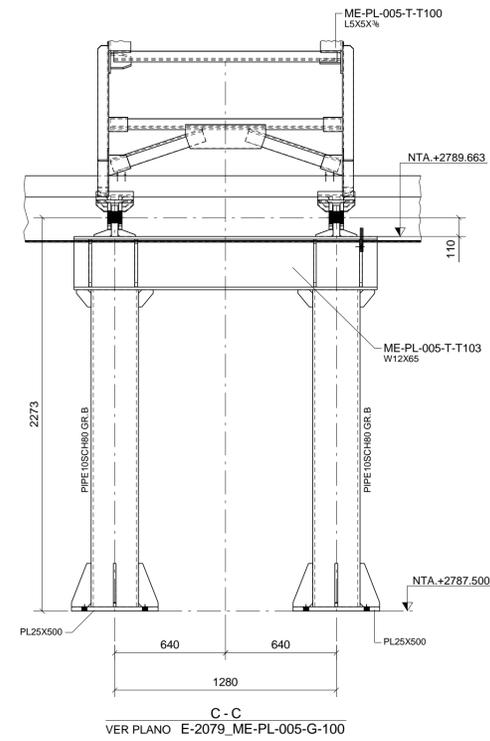
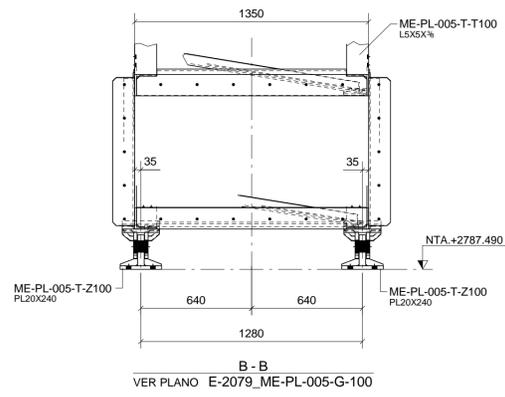
DETALLE 4

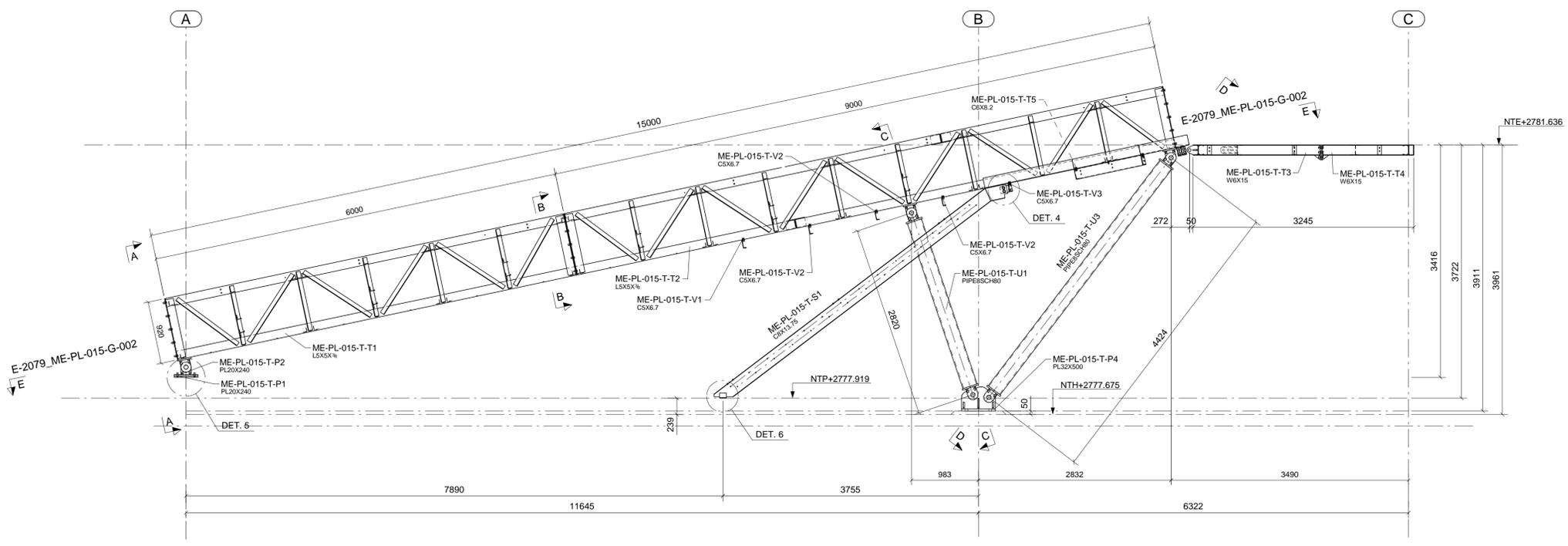


DETALLE 5

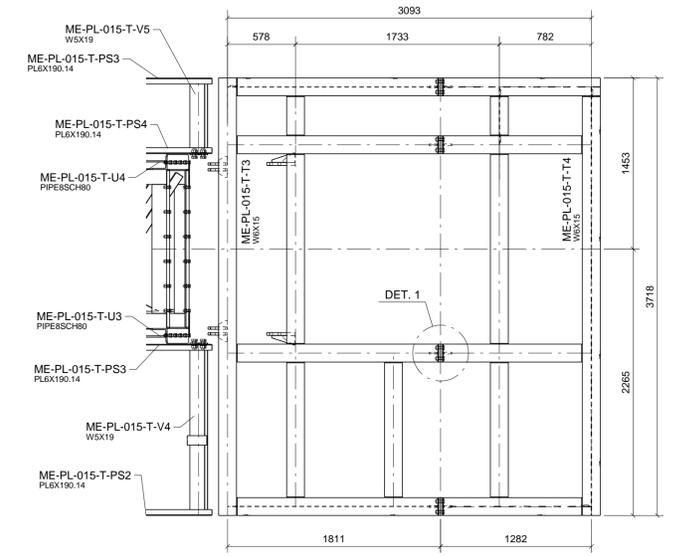
ESTRUCTURA METÁLICA DE LA FAJA TRANSPORTADORA

Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C

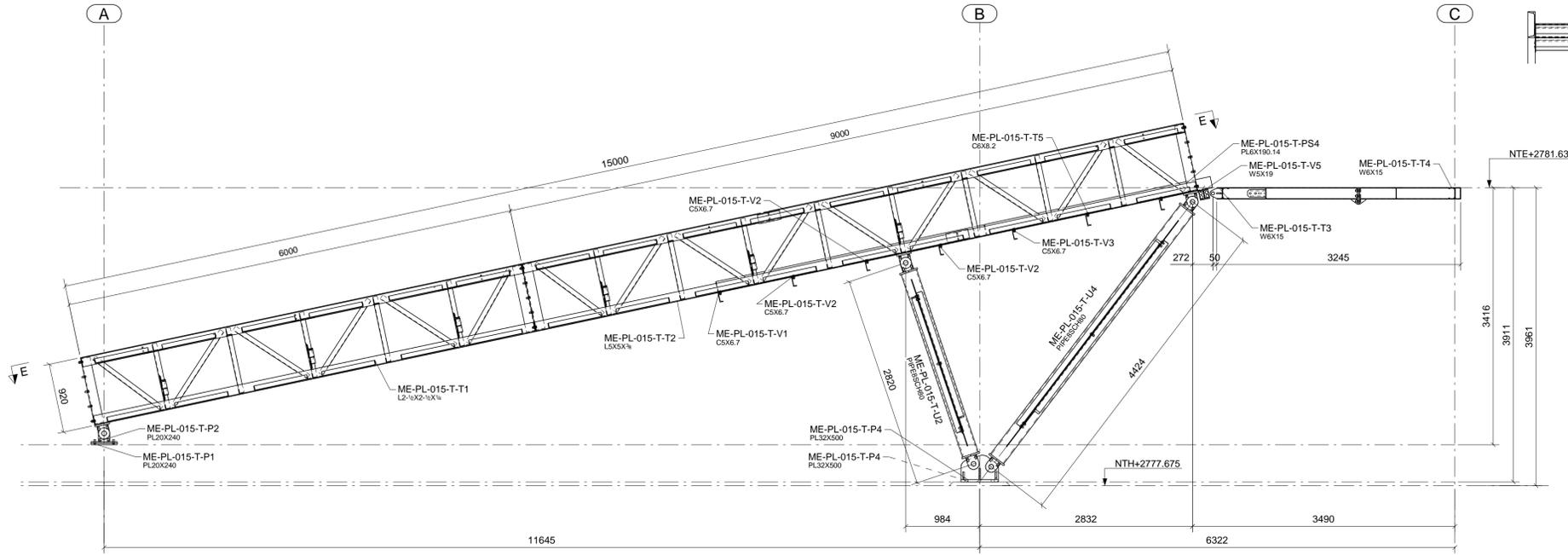




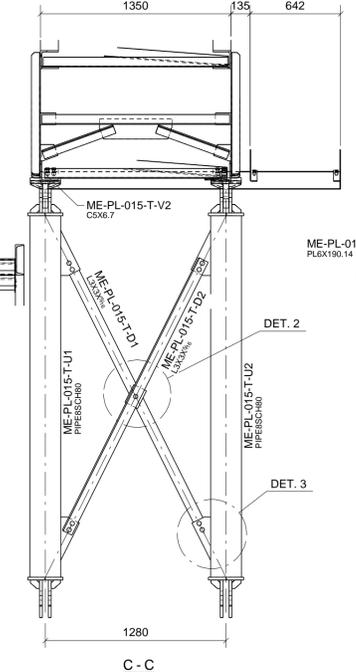
ELEVACION EJE2



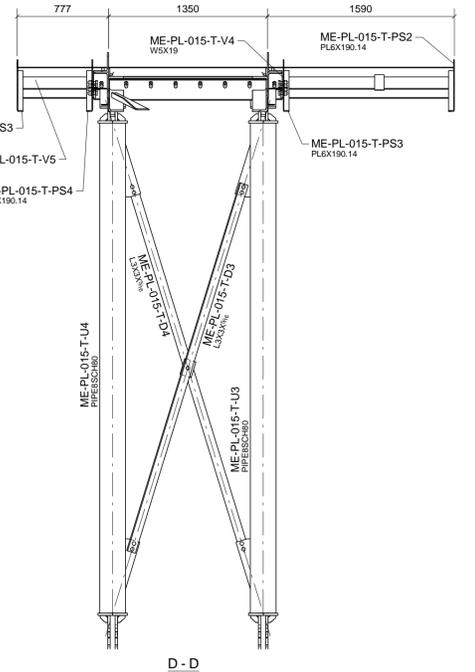
PLATAFORMA-NTE+2781.636



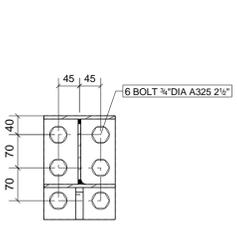
ELEVACION EJE4



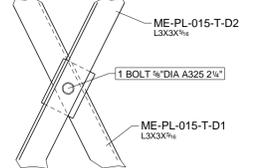
C - C



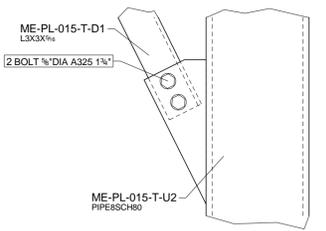
D - D



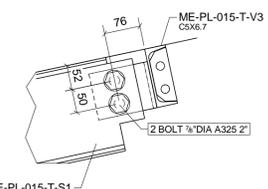
DETALLE 1



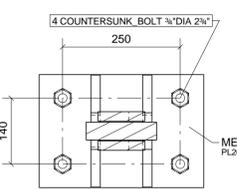
DETALLE 2



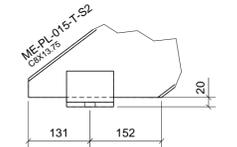
DETALLE 3



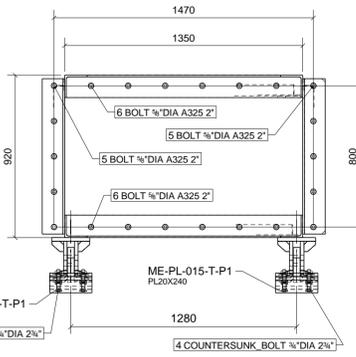
DETALLE 4



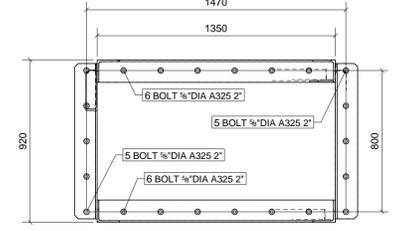
DETALLE 5



DETALLE 6



A - A



B - B

ESTRUCTURA METÁLICA DE LA FAJA TRANSPORTADORA

Fuente: Técnicas Metálicas Ingenieros S.A.C