

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“METODOS DE CONTROL DE CALIDAD APLICADOS A LOS
GEOSINTETICOS: GEOMEMBRANA Y TUBERÍA HDPE EN LA POZA DE
OPERACIONES EN CARACHUGO 14-CAJAMARCA, 2019”**

TESIS:

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

BACH. IGNACIO CHÁVEZ, JUAN ANDRES

ASESOR:

ING. ENRIQUE DURAND BAZAN

TRUJILLO – PERÚ

2019



Hoja de Firmas

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL



Dedicatoria

El presente trabajo de investigación va dedicado a todos mis seres queridos, quienes con su apoyo incondicional han contribuido en mi formación profesional.

De manera especial a mi madre, quien con su dedicación y sus enseñanzas han logrado contribuir a ser una persona de mejora continua.

También de manera muy especial a mi señorita hija, quien es mi motivo de superación.

Juan Ignacio



Agradecimiento

**Agradecer a Dios, por darnos todos los días
sus bendiciones.**

**Agradecimiento a mis compañeros y amigos,
que han contribuido al logro del presente
trabajo de investigación.**

**Agradecimiento a los profesores de la Universidad
Privada de Trujillo, que con sus enseñanzas y ejemplos
nos ha iluminado en mente y espíritu, para ser íntegros
en nuestra carrera.**

**También un agradecimiento especial Mg. Enrique Durand
Bazán, que como asesor fue posible el logro del presente
Trabajo.**

**Agradecer al Ing. Marín, que con sus sabias enseñanzas y
ejemplos que contribuyeron a mi formación profesional en
la carrera de Ingeniería Civil.**

El Autor



Índice de Contenidos

Hoja de firmas.....	01
Dedicatoria.....	02
Agradecimiento.....	03
Índice de Contenidos.....	04
Índice de Tablas.....	07
Índice de figuras.....	08
I. Introducción.....	09
Introducción.....	10
I.1. Realidad Problemática.....	12
I.2. Formulación del problema.....	14
I.2.1. Problema General.....	14
I.2.2. problemas Específicos.....	14
I.3. justificación de la Investigación.....	15
I.4. Objetivos de la Investigación.....	16
I.4.1. Objetivo General.....	16
I.4.2. Objetivos Específicos.....	16
I.5. Antecedentes.....	16
I.5.1. Antecedentes de la Investigación.....	17
I.5.2. Aplicación de los métodos de control de los geosinteticos en Perú.....	18
I.5.3. Los geosintéticos.....	19
I.5.3.1. Geomembranas.....	19
I.5.4. Aplicación de los métodos de control de calidad de los geosintéticos en el Mundo.....	20
I.6. Bases Teóricas.....	21
I.6.1. Concepto de los geosintéticos.....	21
I.6.2. Clasificación de los geosintéticos.....	21
I.6.3. Métodos de control de calidad.....	22



I.7. Definición de términos básicos.....	22
I.8. Formulación de la Hipótesis.....	26
I.8.1. Hipótesis General.....	26
I.8.2. Hipótesis específicas.....	26
II. Material y Métodos.....	27
II.1. Material.....	28
II.1.1. De consumo.....	28
II.1.2. De inversión.....	28
II.1.3. Servicios.....	28
II.2. Material de estudio.....	29
II.2.1. Población.....	29
II.2.2. Muestra.....	29
III. Métodos de control de calidad aplicados a los geosintéticos.....	30
III.1. Métodos destructivos.....	30
III.1.1. Pruebas de puesta en marcha o servicio para la geomembrana.....	31
III.1.2. Pruebas iniciales.....	32
III.1.3. Destructivos.....	33
III.2. Métodos no destructivos.....	34
III.2.1. Uniones por fusión en geomembrana.....	34
III.2.1.1. Prueba de aire o “Air test”.....	34
III.2.1.2. Prueba de esfuerzo mecánico de punto o de picado.....	37
III.2.1.3. Pruebas Destructivas de costuras por fusión.....	37
III.2.2. Uniones por extrusión en geomembrana.....	39
III.2.2.1. Prueba de vacío o “vacuum test”.....	39
III.2.2.2. Prueba de chispa o “spark test”.....	41
III.2.2.3. Pruebas destructivas de cordones de extrusión.....	42
III.2.2.4. Prueba geoelectrica.....	44
IV. Conclusiones y Recomendaciones.....	45
Conclusiones.....	46
Recomendaciones.....	47



V. Referencias Bibliográficas.....	49
VI. Anexos.....	50
VI.1. Plan de calidad para geosintéticos.....	51
VI.2. Plan de calidad: soldadura por termofusión tubería HDPE.....	83
VI.3. Protocolos para geosintéticos y tubería.....	102



Índice de Tablas

Tabla 01. Material de consumo.....	28
Tabla 02. Material de inversión.....	28
Tabla 03. Material de servicio.....	28
Tabla 04. Rango de valores de presión.....	35
Tabla 05. De valores de presión.....	40



Índice de figuras

Figura 01. Prueba de puesta en marcha.....	31
Figura 02. Prueba inicial.....	32
Figura 03. Destructivo de fusión.....	33
Figura 04. Destructivo de extrusión.....	33
Figura 05. Prueba de aire test.....	36
Figura 06. Prueba de vacío.....	41
Figura 07. Prueba de Chispa.....	42
Figura 08. Prueba ge-eléctrica.....	44



I. Introducción



Introducción

Para obtener una mejor vida o una vida de calidad, desde hace mucho tiempo lo que se construye, se inventa, se crea es para tener una mejora continua en todos los aspectos: social, económico, político e industrial, por lo que busca el presente trabajo de investigación determina es la aplicación de los métodos de control de calidad que se dan en los geosintéticos, en las diferentes construcciones que se realizan en los centros mineros, así como en la gestión pública.

En especial en las construcciones del sector público, donde se están utilizando los geosintéticos como la geomembrana, la bituminosa, tubería HDPE, geotextil, geonet. Hoy en día las tendencias a nivel mundial, exigen a las instituciones privadas y públicas establecer métodos de control de calidad que se aplican a los geosintéticos.

La Hipótesis es: si los métodos de control de calidad que se aplican a los geosintéticos en la plataforma responden a las necesidades de los profesionales y técnicos, entonces emplearán dichos conocimientos en el sector público.

La presente investigación se justifica por muchas evidencias prácticas que, en los últimos 20 años, se desarrolla en el sector minero la cual se da dentro de una opción de calidad que se aplican a los geosintéticos, buscando así una calidad de trabajo en la construcción, la cual cumple un papel fundamental en el desarrollo de las comunidades y buscando una mejora del bienestar de la población en general.

Por ende, las entidades gubernamentales como desde el gobierno central, las gobernaciones y las municipalidades deben promover la aplicación de la calidad en toda de construcción en beneficio de la población, la calidad se debe implementar con una política de calidad estrictamente objetiva desde la obtención de los

materiales, equipos y personal altamente competitivos en gestión de calidad, para así lograr obras bien ejecutadas y que perduren en el tiempo.

La finalidad del presente trabajo es contribuir con los estudiantes de la Universidad Privada de Trujillo dedicados a los estudios de Ingeniería Civil, así también servirá como un instrumento de gestión de la calidad a los diferentes profesionales, buscando así la mejora continua y lograr convertirse en un profesional competitivo.

El objetivo del presente estudio es determinar la aplicación de los métodos de control de calidad a los geosintéticos de la plataforma, la investigación es cualitativa y descriptiva porque a partir de la problemática de la realidad en las construcciones públicas no se toman en cuenta la calidad.

Cada día el avance tecnológico e innovaciones en la utilización de métodos de control de calidad, dentro de las obras de Ingeniería Civil como: canales para regadío, pozas de oxidación, pozas para cosecha de agua, en las alcantarillas; donde hoy se emplean materiales novedosos como los geosintéticos: geomembranas, tuberías de alta densidad, geomembrana bituminosa, etc.

Al empleo de estos nuevos materiales geosintéticos, también conlleva implementar nuevos métodos de control de calidad, los que nos garanticen una buena funcionalidad de estos materiales en las diferentes estructuras u obras civiles. En nuestro país es poca la experiencia en la utilización de estos materiales y mucho menos la aplicación de métodos de control, no existe expedientes técnicos donde se sugiera la aplicación de dichos métodos.

La aplicación de métodos de calidad, en los materiales geosintéticos, en las obras o estructuras en las identidades privadas, evidenciándose en el sector público, es en donde se debe buscar la mejora de la calidad de los trabajos y así buscar la mejora continua, aplicando estándares internacionales. En las entidades del sector público se están utilizando estos nuevos materiales geosintéticos sin aplicar

controles o métodos que aseguren un buen funcionamiento en el tiempo de las obras civiles, en beneficio de la comunidad.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal de aportar con las experiencias adquiridas durante años en la aplicación de los métodos de control de calidad, que se aplican en los geosintéticos: geomembrana, tubería, geomembrana bituminosa, etc. La presente investigación deberá servir como una herramienta de gestión de la calidad a los profesionales y estudiantes, quienes deberán impulsar siempre la mejora continua en las diferentes obras civiles, que se encuentren a su cargo, con la finalidad de ser buenos profesionales y que son capaces de dirigir, supervisar, orientar y gestionar de manera correcta la calidad de las obras, valiéndose de herramientas y estándares nacionales e internacionales.

I.1. Realidad Problemática

El problema real, no es la utilización de los nuevos materiales geosintéticos en nuestro país, si no el desconocimiento y la poca experiencia en la utilización de los métodos de control de calidad que se aplican en los diversos geosintéticos, los que deben garantizar un buen funcionamiento de las obras civiles.

A través del tiempo se ha evidenciado la inexperiencia y el desconocimiento de los métodos de control que existen dentro del mercado de los geosintéticos.

En el presente trabajo de investigación daremos de conocer los diferentes métodos de control de calidad existentes, dando a saber sus funciones y aplicaciones de los mismo en los geosintéticos, los que se sirven para permeabilización y traslado de fluidos, solución y residuos de aguas hervidas como aguas potables. La importancia de la aplicación de estos métodos como testigos de un buen funcionamiento de las diferentes estructuras como pozas de oxidación,

pozas recolección de agua, canales y tuberías de distribución de soluciones líquidas como: combustibles, ácidos, agua servidas y agua potable.

A inicios del año 2004, el ministerio de Vivienda y Urbanismo está impulsando una política de calidad, donde se establece un marco de mayores exigencias al respecto de la calidad en todo nuestro país; todas estas exigencias se da inicio en la aplicación de aseguramiento de la calidad de los diferentes métodos destructivos y no destructivos que se aplican a los geosintéticos instalados en las diferentes estructuras (obras) civiles en los que se utilizan los diferentes geosintéticos como: la geomembrana, geomembrana bituminosa y las tuberías HDPE. Estas exigencias deben ser orientadas fundamentalmente en la aplicación de los métodos de control y que cuyo objetivo final es garantizar un buen funcionamiento de los geosintéticos.

La calidad a través del tiempo, en sus primeros inicios no eran tomados en cuenta en el término final de las diferentes obras civiles, es decir era terminar cuanto antes la obra sin hacer o tomar controles de calidad, que garanticen su utilidad para la población y también para el medio ambiente. Lo que se busca es también es una mejora continua dentro del sector público, el cual no debe quedarse atrás, ya que las entidades privadas sin están en una superación constante, lo que nos debe involucrar en establecer mecanismos u métodos de control dentro de la construcción y de una mejora continua para alcanzar estándares internacionales. Así se sabe que en los expedientes técnicos en el sector público de las diferentes obras civiles no cuentan o no se aplica métodos de control de calidad a los geosintéticos.

En nuestra realidad peruana actualmente, se habla de controles y aseguramientos de calidad, pero en nuestra legislación pública no se conoce y mucho menos se aplican dichos controles a los geosintéticos. La falta de conocimiento y la poca experiencia dificulta que los trabajos sean auditables, por la falta de control. En los expedientes técnicos de los diferentes trabajos civiles no

cuentan con los mínimos requisitos en cuanto a la documentación: plan de calidad, dossier.

Teniendo en cuenta nuestra realidad, el presente trabajo de investigación tiene como objetivos dar a conocer los diferentes métodos de control de calidad tanto destructivos como no destructivos que se usan y aplican en los geosintéticos al final del presente se adjuntará un plan de calidad para geosintéticos, con el cual queremos contribuir con los estudiantes, con la población y los profesionales que estén involucrados en las diferentes áreas de la construcción y así también buscar la mejora continua.

I.2. Formulación del problema

I.2.1. Problema general

¿Por qué la falta de interés en conocer y aplicar los diferentes métodos de control de calidad que se aplican en los geosintéticos, en las diferentes obras públicas de nuestro país?

I.2.2. Problemas específicos

- ¿cómo influyen la utilización de los métodos de calidad en las obras civiles?
- ¿Qué ventajas se tendrá en la aplicación de los métodos de calidad en las obras civiles?
- ¿Cuál es la implementación de los mecanismos que se adecuen en la aplicación de los métodos de calidad en los geosintéticos?
- ¿Cuál es el cumplimiento de los parámetros de calidad en los geosintéticos?

I.3 Justificación de la Investigación

Como en todo proyecto de inversión pública en nuestro país y en especial en la región de Cajamarca, así como en el distrito de la Encañada existen proyecto de plataformas de lixiviación, pozas para almacenamiento de agua natural y canales para riego agrícola; en los cuales se emplean o utilizan la geomembrana como medio de permeabilización, en los cuales se aplican los métodos de control de calidad como: destructivos y no destructivos.

La aplicación de estos métodos garantizara la permeabilidad y hermeticidad mecánica de la geomembrana, dando así un aseguramiento del buen funcionamiento de las plataformas de lixiviación, pozas de tratamiento de aguas residuales, cales para riego, etc.

La presente tesis propone la aplicación de dichos métodos de control de calidad, que se deben aplicar en toda estructura que se utilice la geomembrana dentro de la gestión pública, solo así se garantizará un buen trabajo con calidad. Con la aplicación de estos métodos se debe cumplir los objetivos y lograr que se subsane la problemática de saneamiento en las pozas para tratamiento de aguas residuales, en donde se utiliza la geomembrana y así contribuir con la buena práctica en la calidad de los trabajos en beneficio de la comunidad.

En nuestro país, se ha indagado en la búsqueda, si es que estos métodos de control han sido aplicados en la gestión pública y nos hemos dado cuenta de que en ninguna obra ya realizada tanto publica y como privada, fuera del ámbito minero, no se han utilizados los métodos de control de calidad destructivos y no destructivos.

El propósito del presente trabajo es dar a conocer los métodos que se aplican para los geosintéticos, ya que las utilizaciones de estos garantizaran la calidad del acabado de las obras públicas y así brindar un buen servicio a la comunidad. Cabe resaltar que hoy en día la utilización de los geosintéticos en todos los campos y en las necesidades de la población, cada día más usados por su diversidad.

I.4. Objetivos de la Investigación

I.4.1. Objetivo general

- Proponer la aplicación de los métodos de control de calidad aplicados a los geosintéticos: geomembrana y tubería hdpe en la poza de operaciones en Carachugo 14, en Cajamarca.

I.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar los diferentes métodos de control de calidad que se aplican en los geosintéticos, en las diferentes obras civiles de construcción en nuestro país.
- Determinar las ventajas con la aplicación de los diferentes métodos de control de calidad.
- Lograr la implementación de mecanismos que se adecue los métodos de control de calidad en la gestión pública.
- Proponer parámetros de calidad en los expedientes técnicos en la utilización de los geosintéticos en las obras públicas.

I.5. Antecedentes

La tesis denominada “Construcción de pozas con Geomembrana de Polietileno de alta densidad”, de la Universidad de Magallanes de Chile, se concluye que la geomembrana de polietileno de alta densidad es la más apta en aplicación de contenidos de líquidos, residuos peligrosos, químicos y en aplicaciones a la intemperie por su contenido de negro humo 2-3%, que hace que el color se disipe, logrando que esta resista el envejecimiento por la acción de la radiación ultravioleta, la variación de la humedad, temperaturas y además agentes externos (Valencia 2010).

Tesis titulada “Sistemas de aseguramiento de la calidad en la construcción” en la Pontificia Universidad Católica del Perú, concluye que la construcción, por su influencia en los diferentes sectores que se sitúan a su alrededor y por volumen de negocio que mueve, es uno de los sectores que más contribuye y necesita de la implantación de sistemas de gestión. (Alfaro 2008)

Se ha realizado una exhaustiva investigación al respecto en universidades, así como en las bibliotecas de Cajamarca y Trujillo no se encuentra trabajo alguno con respecto a los métodos de control de calidad que se aplican a los geosintéticos como: la geomembrana y la tubería HDPE.

I.5.1 Antecedentes de la Investigación

En la historia de las obras civiles, desde la evolución del hombre y para poder sobrevivir y desarrollarse dentro de las comunidades y tener algunos servicios, el hombre ha tenido que crear e inventar y construir infraestructuras, que sirvan a su mejora continua y evolución.

Los geosintéticos como productos presentan una serie de ventajas que son la principal causa del aumento del empleo de los mismos en todo el mundo. Entre estas ventajas cabe destacar: facilidad de puesta en obra, economía de producto, ahorro de tiempos de ejecución, posibilidad de soluciones medioambientales correctas, empleo de mano de obra no calificada y utilización de materiales de calidad verificable. (JIMENEZ,2006)

En las empresas occidentales envían a sus ingenieros a que se capaciten y estudien los procesos de manufactura. De la década de los setenta Japón sigue desarrollando y volviendo más eficaces sus sistemas productivos teniendo como resultados ser competitivos en calidad, costo. En base a lo aprendido los demás

mercados internacionales, sobre todo adaptando el modelo japonés para sus respectivos países y a sus posibilidades de la mejora continua.

Conceptos de calidad y calidad total

Por lo general la definición de calidad es una temática filosófica, que se resume en:

- El nivel uno de la calidad, es la manera simple de producir bienes y servicios cuyas características deben ser medibles y cumplir una serie o conjunto de especificaciones.
- La calidad total llega a ser un nivel más evolucionado dentro de la mejora continua, que ha sufrido el término “calidad” a través de los años y el espacio. En sus inicios se hablaba de control de calidad, que se apoya en técnicas aplicadas a la producción en sí. Con el tiempo nace el Aseguramiento de la calidad, etapa en la que se busca garantizar una mejora continua de calidad del producto. La calidad total es una gestión integral relacionada con la mejora continua.

Gestión de calidad

Por lo general se componen de un conjunto de recursos, actividades y procedimientos que en toda empresa comprometida con la calidad debe tener dentro de su organización.

Partes de la gestión de calidad

- Plan de calidad: Cada empresa debe tener su política de calidad dentro de su organización que es necesaria para lograr los objetivos de control de calidad y que todo elemento involucrado sea el logro de la calidad.
- Plan de procedimientos: son los que sintetizan de forma clara y precisa los procedimientos operativos, donde se reflejan las responsabilidades de todos los involucrados de la organización, dentro del marco de la gestión de calidad en la empresa.

I.5.2 Aplicación de los métodos de control de calidad de los geosintéticos en el Perú.

La aplicación de los métodos de calidad en los geosintéticos, se han empleado en las entidades privadas desde los años 1986 y por las experiencias obtenidas en el rubro de los geosintéticos desde el año 1989, en lo que se aprendió nuevas novedades tanto en los materiales como: la geomembrana, la tubería HDPE, los geotextiles, las geomallas, los GCL, la geomembrana bituminosa y así aprender la diversidad de métodos de control de calidad que se aplican a los geosintéticos.

I.5.3 Los geosintéticos

I.5.3.1 Geomembranas

Por la experiencia obtenida en la manipulación de este tipo de materiales durante casi 20 años, podría decir que la geomembrana ha dado múltiples soluciones en costos-veneficio y soluciones ambientales. Llegar a investigar sobre la composición de la geomembrana sería ya muy tedioso, por decir lo menos, ya

que hay mucha información al respecto; ya que uno de los objetivos del presente trabajo de investigación trata de dar a conocer los métodos de control de calidad que se aplican a la geomembrana y que estos sean introducidos en las obras públicas en donde se utilizan los geosintéticos. En esta parte de la investigación sólo nos limitaremos a mencionar las dos clasificaciones o tipos de geomembrana.

- Geomembrana HDPE, sus componentes químicos le dan una fortaleza contra los rayos ultravioletas, el envejecimiento y el desgaste a través del tiempo, este tipo de geomembrana por sus propiedades mecánicas sobreviven a altos esfuerzos químicos, sirve como permeabilidad ante soluciones y gases. También se denomina a este tipo de geomembrana polietileno de alta densidad.
- Geomembrana LLDPE, se denomina también como polietileno de ultra flexible o de baja densidad, se utiliza para cubrir grandes cantidades de áreas que van a ser revestidas, aparte con este material, se coloca material de relleno sobre el geosintético.

I.5.4 Aplicación de los métodos de control de calidad de los geosintéticos en el Mundo

Comparar con el porcentaje de proyectos de pavimentación en el mundo en los cuales se encuentran el uso de los geosintéticos es una labor verdaderamente compleja. En todos los países en donde se encuentra difundido su uso, una cantidad cercana al 80% de las obras viales emplean este tipo de geosintético, para mejorar las condiciones de la obra; ya sea reduciendo costos, mejorando especificaciones técnicas o soluciones inconvenientes presentados por los materiales naturales. Es evidente que este porcentaje depende significativamente del tipo de proyecto construido y el grado de penetración de los geosintéticos en la ingeniería local. (MEJIA,2005)

I.6 Bases Teóricas

I.6.1 Concepto de los geosintéticos

Son materiales fabricados mediante industrias de sustancia químicas las que se denominan polímeros, conocido como plástico, que, en sus formas de polvo o granulado, son transformados en láminas, fibras, mallas, etc., o en compuestos entre ellos, existiendo algunas mezclas con materiales de origen vegetal.

Los geosintéticos provienen o son derivados del refinamiento del petróleo y que son fabricados por el hombre, aunque existen también de forma natural como la seda.

Sus principales funciones de los geosintéticos son de servir de contención, complementar, conservar, impermeabilizar o mejorar el buen funcionamiento de las construcciones.

I.6.2 Clasificación de los geosintéticos

A través de los años y viviendo una experiencia sin igual, podemos clasificar a los geosintéticos por su utilidad en los proyectos de construcción:

a) Geosintéticos de alta densidad

Están compuestos por la derivación del petróleo, por su composición química y conformación de polímeros, le hacen un material altamente resistente a los rayos ultravioleta, que es una de sus principales características por su durabilidad.

b) Geosintéticos de baja densidad

También es un derivado del petróleo, su principal característica es su flexibilidad de eslongamiento y se usa para cubrir extensas áreas. Este tipo de geosintético se usa bajo materiales de relleno como en las plataformas de lixiviación.

I.6.3 Métodos de control de calidad

a) Destructivos

Estos métodos lo que buscan es la resistencia mecánica de las juntas o uniones de los geosintéticos, entre estos tenemos:

- ✓ Prueba de arranque.
- ✓ Pruebas iniciales.
- ✓ Destructivas

b) No destructivos

Estos métodos no destructivos lo que buscan es la hermeticidad de las uniones de los geosintéticos, entre estos tenemos:

- ✓ Prueba aire.
- ✓ Prueba de picado.
- ✓ Prueba de vacío.
- ✓ Prueba de chispa.
- ✓ Prueba hidráulica.
- ✓ Prueba geoelectrica.

I.7 Definición de términos básicos

Proyecto:

Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que los proyectos tienen un principio y un final definido. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto, cuando se termina el proyecto, porque sus objetivos no se cumplieron o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no exista la necesidad que dio origen al proyecto. Así mismo, se puede poner fin a un proyecto si el cliente (cliente, patrocinador o líder) desea terminar el proyecto. (PMBOK – 2012)

Gestión de Calidad:

Según la guía del PMBOK, la “Gestión de la Calidad de un proyecto” incluye los procesos y actividades de la organización ejecutante que determinan responsabilidades, objetivos y políticas de calidad a fin de que el proyecto satisfaga las necesidades por las cuales fue emprendido. “La Gestión de la Calidad” de un proyecto implementa el sistema de gestión de calidad por medio de políticas y procedimientos, con actividades de mejora continua de los procesos llevados a cabo durante todo el proyecto, incluyendo los requisitos del producto, se conozcan y sean válidos. (PMBOK – 2012)

Calidad:

La Calidad tiene diferentes perspectivas y definiciones y definiciones que han ido evolucionando con el transcurso del tiempo. En primera instancia una visión general de la calidad es como un proceso que comienza por el conocimiento de las necesidades de los clientes, consiguiéndose a través de la puesta a disposición de los productos y/o servicios para la satisfacción de estas necesidades y se prolonga hasta la asistencia y el servicio después de la venta. (Def. Según Ugaz, L – 2012)

“Calidad, grado en el que un conjunto de posibilidades que cumplen con los requisitos” La RAE (Real Academia de la Lengua Española), define calidad como: “propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite apreciarla como igual, mejor o peor que los restantes de su especie” (Diccionario de la Lengua Española, 2014)

Control de calidad:

Todas aquellas técnicas y actividades de carácter operacional necesarias para satisfacer los requisitos de calidad. Costos de calidad: son los costos en que se incurre producto de desviaciones (fallas) y la administración de la calidad (costos que se incurren en mejorar la calidad) (PMBOK – 2012)

Control de Calidad en Laboratorio:

Los ensayos de laboratorio se realizan previamente a la instalación de los geosintéticos. Cualquier defecto detectado antes de su instalación se informará para que se tomen las medidas del caso y derivarlos al laboratorio. De manera general, para la prueba de laboratorio se elegirá un rollo cualquiera, se tomará en cuenta la primera vuelta en un metro y se procederá de acuerdo a las normas vigentes ISO 9862-2005, cabe resaltar que la muestra se debe rotular con los

datos del mismo rollo. Dicha muestra debe tener como medida todo el ancho del rollo por 1 metro.

Lote se define como un grupo de rollos enumerados consecutivamente y procedentes de la misma fabrica. El número de ensayos como mínimo debe ser de 1 ensayo por lote, o caso contrario como se tomen acuerdos en campo entre los involucradas del proyecto.

Geosintéticos

Los geosintéticos son elaborados o son resultados de la mezcla de aleaciones químicas, que son derivados del petróleo y además en sus mezclas se usan fibras naturales; estos geosintéticos llegan a tener propiedades mecánicas, hidráulicas, de barreras o de hermeticidad con respecto a los líquidos. Por nuestra experiencia podemos decir que los geosintéticos son materiales necesarios en las obras civiles, que nos permite ahorrar tiempo y dinero, ya que los bajos costos, permiten que estructuras como: pozas, canales, plataformas de lixiviación.

Características de los geosintéticos:

1. Poliméricos.
2. Densidad.
3. Antioxidantes.
4. Herméticos.
5. Físicas son necesarias para describir el material con relación a sus aplicaciones específicas.

Así por ejemplo podemos identificar unos geosintéticos como:

- Geotextil no tejido de polipropileno de 350 g/cm².
- Geomembrana de alta densidad.
- Geomembrana Bituminosa.
- Tubería HDPE de alta densidad.

Geomembrana:

La geomembrana es un producto geosintético de características flexibles, que son utilizados como barrera hermética, de tal manera que no se permita pasar liquido alguno. Su función hermética de la geomembrana es ideal para temas ambientales como en pozas de oxidación. Una de sus características le permite

ser durable en el tiempo porque su composición y resistencia al envejecimiento: como los rayos ultravioleta y oxidación. Entre esta encontramos: HDPE, LLDPE, VFPE, las que tienen características mecánicas, alta resistencia física, no tiene humedad ni agentes biológicos. Las geomembranas se definen como una barrera de baja permeabilidad usada por cualquier tipo de material relacionado a la geotecnia.

Geomembrana de polietileno de alta dureza:

Las geomembranas de alta densidad son resistentes a muchos productos químicos, incluidos ácidos, sales, alcoholes, aceites e hidrocarburos. Además de su resistencia a los rayos ultravioleta, Son permeables, lo que le permite ser una barrera de líquidos y gases.

Geomembrana de polietileno baja densidad (LLDPE)

Las geomembranas de baja densidad, además de tener propiedades químicas como las de alta densidad, son muy flexibles poseen un gran número de aplicaciones en las que destacan: sellado en vertederos, balsas de agua, estanques, plataformas de lixiviación, pozas para cosecha de agua.

Calibración de equipos

Es la verificación periódica de medición a través de equipos patrón, los que certificarán que los instrumentos y equipos de medición están operativos y tienen un margen de error, el cual está dentro de los parámetros que pide la normas y las especificaciones técnicas de proyecto, estos equipos de calidad son manómetros, vacuómetros, tensiómetros, chispómetros, termohigrómetros, pie de rey; los que deben garantizar un perfecto funcionamiento de los mismos, son las entidades registradas y con licencia para emitir dichos certificados, válidos por un año.

Dossier de calidad

Es el conjunto evidencial de protocolos o formatos de control de calidad, que se generaron durante el proyecto en la aplicación de los métodos de control a los geosintéticos: la geomembrana y la tubería HDPE. En el dossier se archivan todos los protocolos secuencialmente desde sus inicios hasta el final del proyecto. Este archivo debe ser ordenado, completo y con documentación original que se entrega al cliente. También debe tener ciertos requerimientos que cumplir de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.

I.8 Formulación de la Hipótesis

I.8.1 Hipótesis general

Existen métodos de control de calidad que se aplican en la geomembrana y la tubería HDPE, que cumplan con los parámetros de control de calidad y que es probable la impermeabilización en la poza de operaciones.

I.8.2 Hipótesis específicas

- Con la aplicación de los métodos de control de calidad a la geomembrana y la tubería HDPE, en la construcción de pozas. Lograrán ser viables e importantes en la construcción.
- La utilización de los geosintéticos (geomembrana – tubería HDPE) en los que se aplicarán los métodos de control, cumplirán con los parámetros de calidad.



II. MATERIAL Y METODOS

II.1 Material

II.1.1 De consumo

Tabla 01 Material de Consumo

RECURSOS DE CONSUMO		
Descripción	Cantidad	Unidad de Medida
Papel bond A4	4	Millar
Tóner Negro	1	Unidad
Tóner Color	1	Unidad
CD	10	Unidad
Porta CD	10	Unidad
Lapiceros	3	Unidad
Borrador	1	Unidad
Corrector	1	Unidad
Folder Manila	10	Unidad

II.1.2 De inversión

Tabla 02 Material de Inversión

RECURSOS DE CONSUMO		
Descripción	Cantidad	Unidad de Medida
Impresora laser	1	Unidad
Impresora de tinta	1	Unidad
PC de escritorio	1	Unidad
Laptop	1	Unidad
Memoria USB 16 GB	1	Unidad

II.1.3 Servicios

Tabla 03 Material de Servicio

SERVICIO			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Internet	3	120	360
Fotocopiado	500	0.10	50
Servicio de Luz	4	60	240
Movilidad	200	6	1200
Empastado	5	70	350
SUB TOTAL S/			2200.00
TOTAL, S/			7550.000

II.2 Material de estudio

II.2.1 Población

La población de estudio se establece dentro de los límites de la construcción de la poza operaciones, en el proyecto Carachugo 14, del año 2019, esto se debe a la utilización de material geosintéticos, en los que se aplicará los métodos de control de calidad, establecidos por las especificaciones técnicas.

II.2.2 Muestra

Serán los diferentes métodos de control de calidad, durante el periodo de construcción de la poza de operaciones: los métodos que se aplicaron en la geomembrana y la tubería HDPE, bajo los parámetros de las especificaciones técnicas del proyecto, se anexarán los protocolos y un plan de calidad realizado por el investigador.

Para la presente investigación se ha utilizado la técnica de la observación, evidenciando in-situ la aplicación de los métodos de control de calidad en la geomembrana y la tubería HDPE.

Se utilizó bibliografía al respecto sobre los métodos de control de calidad, teniendo como base las normas y los ASTM de las pruebas realizadas en campo.

Se ha elaborado un flujograma del procedimiento o la secuencia lógica que se ha evidenciado en la aplicación de estos métodos, desde el inicio de la instalación de la geomembrana y la tubería desde donde interviene el Ingeniero de Control de Calidad hasta la finalización y entrega final del trabajo.



III. METODOS DE CONTROL DE CALIDAD APLICADOS A LOS GEOSINTETICOS

III.1. Métodos Destructivos

III.1.1. Pruebas de Puesta en Marcha o Servicio para la geomembrana

Estas pruebas se realizan al inicio de todo proyecto, en las que se evalúan tanto al operador del equipo como al equipo en sí, en cuanto al operador se tendrá en cuenta: la experiencia, destreza en la operación; en cuanto al equipo, se tendrá en cuenta el buen estado del equipo, calibración y accesorios en perfectas condiciones.

Estas pruebas se llevan a cabo en retazos de geomembrana de un tamaño apropiado para verificar las condiciones de las soldaduras y los procedimientos sean los adecuados. Los retazos de geomembrana para extrusión son de 3500 mm y para fusión de 7000 mm.

Las pruebas de puesta en marcha se realizarán en presencia del Cliente o el Supervisor del proyecto, en cual procederá al marcado aleatorio las cupones o probetas en los retazos de la geomembrana donde se ejecutó la soldadura. Las probetas se extraerán de las muestras y se ensayarán de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.

Se extraerán 10 cupones o probetas de 1” de ancho y 8” de largo, de los cuales 5 se ensayan en tracción al desgarre y 5 al ensayo de tracción de corte y en caso de las probetas de soldadura por fusión se deben aprobar por ambos lados.

En caso de que el Supervisor del proyecto el Supervisor de control de calidad rechace una prueba de soldadura, el operador deberá revisar su equipo, para luego rehacer las pruebas nuevamente.



Figura 01 Prueba de puesta en marcha de equipo y técnico

III.1.2. Pruebas Iniciales

Las pruebas iniciales se llevan a cabo dos veces por día, al inicio de la jornada laboral, después de mediodía otra, además estas pruebas se hacen por cada operador y equipo, por reparación o mantenimiento del equipo, estas son de:

- **Pruebas Iniciales de fusión.** Soldadura por termo fusión por cuña caliente es la que permite realizar la soldadura de la geomembrana de polietileno a base de tres elementos: presión, temperatura y velocidad.
- **Pruebas Iniciales de extrusión.** Soldadura por extrusión es aquella que se realiza por la aplicación de material de aporte (cordón de 4 ó 5 mm) sobre una unión de geomembrana.

Las pruebas iniciales se harán por cada soldador en equipo de fusión y extrusión por el técnico asignado. Estas pruebas se realizan en condiciones similares a las de la soldadura final de campo.



Figura 02 Prueba inicial diaria de equipo y técnico

III.1.3. Destructivos

Son muestras que se extraen de campo o área de geomembrana, en la medida de 1000 mm por 300 mm, del cual se extraen 10 cupones, de los se ensayan 05 cupones corte y 05 al desgarrar. Está muestra se extrae cada 100 metros lineales de soldadura por fusión o extrusión



Figura 03 Prueba destructiva de fusión



Figura 04 Prueba destructiva de extrusión

III.2. Métodos No Destructivos

III.2.1. Uniones por fusión en geomembrana

Solo una vez aceptado el ensayo de pruebas iniciales por el técnico del tensiómetro, se dará la orden de iniciar los trabajos de soldadura de uniones por fusión. Todas las juntas serán soldadas de manera de obtener una condición relajada y libre de tensión con el fin de evitar trampolines. En el caso de las uniones a soldar en las esquinas de los vértices se realizarán marcas del traslape cuando estas estén en su máxima contracción para posteriormente proceder a realizar la soldadura correspondiente.

La temperatura de la cuña (soldadura por fusión) puede alcanzar hasta los 450 °C. El Contacto con estos equipos debe ser siempre por personal debidamente entrenado y capacitado para las funciones de mantenimiento y operación. La operación o mantenimiento NO autorizado de estos equipos podría causar quemaduras severas por negligencia Individual.

El Trabajador deberá utilizar siempre sus herramientas y EPP's adecuadas para el mantenimiento y operación y el supervisor de instalación de geosintéticos velará por que estos elementos sean utilizados.

En las costuras de fusión se extraerán cupones de entrada y salida, estos cupones se extraen hasta una longitud mínima de 15 metros. Todas las costuras o uniones soldadas por fusión serán registradas en el formato n° QC-SEG-004.

III.2.1.1. Prueba de Aire o “Air Test”

La prueba de aire se utiliza para verificar la continuidad del canal u orificio que deja la soldadura por fusión, detectando defectos o fallas puntuales en éste. Las pruebas de aire se ejecutarán en toda la longitud de la costura y en todas las uniones.

Las pruebas se realizarán luego de haber culminado las costuras soldadas. El método de aire test se realiza en el orificio dejada después de realizar la soldadura por fusión (cuña). El equipo para realizar dicha prueba es:

- Bombín, compresora de aire, una aguja hueca, un manómetro calibrado actualizado y aprobado, cinta teflón, un soplador de aire caliente, cable eléctrico, una cuchilla plana.

Procedimiento:

- Quemar los extremos del orificio de la soldadura por fusión (cuña), sellando el orificio, luego de ello se hace una inspección visual costura para verificar si hay daño alguno y si lo hubiera se reporta para su reparación.
- En uno de los extremos colocar la aguja con el manómetro, luego con el bombín inyectar aire de la compresora hasta que se tenga una presión de 241 kpa. Y dejar dos (2) minutos de enfriamiento, para luego controlar cinco (5) minutos para ver si hay fuga a lo largo de la costura, si se mantiene la misma presión inicial (241kpa) durante los cinco (5) minutos, que por normativa puede bajar dos puntos de presión final. Por lo tanto, se dará por aprobado la prueba como positiva.
- Si se detecta fuga durante la prueba, se realizará nuevamente el mismo procedimiento hasta encontrar la fuga, lo que puede ayudar a encontrar rápidamente la fuga es dividir la costura en dos partes y realizar la prueba en ambas partes, así sabremos ubicar la costuras con fuga. La presión indicada es para todo tipo de geomembrana (HDPE O LLDPE) y no importa el espesor que tenga la geomembrana (0.50 mm,1.0 mm, 1.5 mm, 2.0 mm, 2.5 mm). A continuación, mostramos una tabla con los valores de presión, valores máximos y mínimos de presión para la prueba, además se indica espesores de las diferentes geomembranas:

Espesor de Lamina HDPE y LLDPE		Rango de Presión		Caída admisible de presión después de 3 min.
		Mínima	Máxima	
Mils	Mm	(KPa)/Psi	(KPa)/Psi	(KPa)/Psi
40	1.0	193/30	241/35	21/3
60	1.5	193/30	241/35	21/3
80	2.0	193/30	241/35	21/3
100	2.5	193/30	241/35	21/3

Tabla 04 Rango de presiones

- El aire contenido dentro del orificio de la costura por fusión, deberá enfriarse por un tiempo de 2 minutos para así permitir que el aire se enfríe y así hacer una lectura correcta de la presión inicial y una presión final acabado los cinco (5) minutos.
- El método de aire se aprobará, luego de pasado los cinco (5) minutos de tiempo y no haya bajado la presión, la máxima presión que puede tolerarse para que una prueba sea positiva y aprobada es 21Kpa.
- De haber fuga se recomienda hacer una inspección visual a todo lo largo de la costura de fusión, luego de realizada dicha acción aún no se detecta la fuga se debe rehacer la prueba. También se recomienda verificar los equipos y herramientas antes de realizar nuevamente la prueba y así descartar que por estos no se realice bien las pruebas.
- Si después de pinchar el extremo contrario de donde está la aguja con el manómetro, el aire contenido dentro del orificio de la costura no sale abruptamente, es indicio de que hay obstrucción por: quemadura, patinada, se debe reportar para hacer la reparación respectiva.



Figura 05 Prueba de aire test.

III.2.1.2. Prueba de esfuerzo mecánico de punto o de picado

Esta prueba será ejecutada con una cuchara en lado externo de las soldaduras de fusión (bajo el traslape), con el fin de determinar si es que hubiese alguna rotura interior a la soldadura de fusión. Esta prueba se realizará de acuerdo a las especificaciones técnicas de cada proyecto.

Esta prueba no destructiva consiste en identificar alguna rotura en la soldadura por fusión. El equipo consta de una cuchara sin filo con el borde redondeado, ubicándolos en el borde externo de las soldaduras de fusión y pasándolo por toda la longitud de la costura.

Los resultados de la presente prueba se registrarán en formato QC-SEG-005 Rev.1, de igual forma al costado de la costura, ya sea al inicio o al final de la costura, se anotará: fecha, hora, iniciales del técnico de control de calidad que realizó la prueba y si la prueba está aprobada o desaprobada.

Las pruebas se realizarán durante la realización de la prueba de aire o “air test”.

III.2.1.3 Pruebas Destructivas de Costuras por Fusión:

Se contará con un laboratorio estándar que cumpla con los requerimientos mínimos, para realizar las pruebas destructivas, donde se tenga una temperatura de 23 ± 2 c° y entre una humedad relativa de 50% a 70%. Las pruebas destructivas de costuras de soldaduras de fusión se realizarán en tensiómetros aprobados. La muestra extraída de la costura de campo será ensayada por el técnico del tensiómetro autorizado, él será el único responsable de que valide los resultados y dar su aprobación de la prueba y además informar al técnico y al supervisor del área.

De la muestra se cortarán 10 cupones de 1 pulgada de ancho y 6 pulgadas de largo; 5 cupones se ensayarán en tracción de desgarre (peel) y 5 cupones se ensayarán de tracción de corte (sheer). En la soldadura por fusión los cupones del ensayo peel se realizarán por ambos lados. En todo tipo de geomembrana: HDPE y LLDPE se debe realizar la prueba de “strain test”. Se recomienda anotar los valores en cada cupón tanto en peel como sheer, para luego estos valores sean registrados en su formato respectivo.

Los cupones extraídos serán ensayados por un técnico QC de tensiómetro utilizando un tensiómetro que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto (velocidad de ensayo: 2” /min en geomembrana de HDPE y 20” /min en geomembrana de LLDPE).

Los criterios de aceptación de resultados de ensayos a las probetas para esfuerzo de corte (“shear”) es:

- Tipo de Rotura: FTB.
- Inspección Visual
- Los 5 cupones cumplen con la resistencia mínima será dado por aceptado, que cumpla con las especificaciones del proyecto y ASTM.
- La resistencia mínima obtenida será validada por las especificaciones del proyecto o de acuerdo a lo que indique la norma GRI 19.
- La elongación deberá ser $\geq 50\%$ durante este ensayo en HDPE (“strain test”).

Los criterios de aceptación de resultados de ensayos a las probetas para esfuerzo de desgarre (“peel”) es:

- Tipo de Rotura: FTB
- Inspección Visual
- Los 5 cupones cumplan con la resistencia mínima será dado por aceptado, ésta de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto y ASTM.
- La Longitud lineal de despegue debe ser $< 25\%$ para HDPE y LLDPE y sus combinaciones de geomembrana según tipo de roturas aceptables e indicadas por el ASTM (área).

Los ensayos destructivos se consideran aprobados si se cumple con los criterios de aceptación señalados en las especificaciones técnicas. En caso de no cumplir, se deberá efectuar el siguiente procedimiento:

- En caso de que la destructiva falle, se debe sacar dos muestras una “A” y “B” o una antes y una después de la destructiva fallada, a una distancia no menor de tres (3) metros. De muestras obtenidas ensayar los cupones cinco (5) para peel y 5 para shear de las muestras “A” y “B”, si al final del ensayo se obtiene resultados positivos, se dad por aprobado las destructivas.
- Como el ensayo dio un resultado positivo, la zona afectada se debe reparación con el reemplazo con una guincha de geomembrana de 0.90 m por el largo del daño de la costura, para luego realizar las pruebas no destructiva a la soldadura por fusión (aire test) y dar pase al parchado respectivo por soldadura por extrusión.

- Los cupones no serán desechados sino antes ha sido revisado por la supervisión del proyecto y además tener las firmas respectivas en el protocolo respectivo de destructivos.
- Se realizará una inspección previa al área dañada con sus respectivas pruebas y controles, haciendo una caminata final y así convocar a la supervisión y hacer la inspección final de la zona reparada.
- El testigo original generalmente tiene una longitud de 1m, donde un tercio se ensaya y los otros dos se guardan bajo custodia del Cliente y el Instalador.

III.2.2. Uniones por Extrusión en geomembrana

Este tipo de uniones se usará específicamente para el parchado y detalles especiales de instalación de geomembranas, también es útil para tener continuidad de los paneles de geomembrana instalados (Tie-in). En las máquinas de soldar con aporte (Extrusión) su temperatura está sobre los 200 °C, para evitar y minimizar los riesgos por contacto se ha implementado en la cámara de conversión un aislante térmico, además se deberá tener en cuenta las mismas indicaciones del supervisor de instalación de geosintéticos y las del fabricante de estos equipos.

Tener en cuenta siempre que en una soldadura por extrusión el cordón de soldadura permanece caliente entre 200 - 230 °C por unos minutos hasta que disminuye gradualmente su temperatura y que debe ser en forma natural por esa razón no se debe tener ningún tipo de contacto directo con él.

Jamás comprobar la temperatura de los equipos y soldadura directamente con las manos, utilice siempre las herramientas apropiadas para tal función (termómetros digitales de contacto, láser, etc.).

Todas las costuras o uniones soldadas por extrusión se realizarán las siguientes pruebas:

III.2.2.1. Prueba de Vacío o “Vacuum Test”

Las pruebas se realizarán luego de haber culminado las costuras soldadas. La Prueba de Vacío se ejecuta en la soldadura por extrusión y fusión de ser el caso. Esta prueba se realizará a solicitud el cliente. Los resultados se anotarán en el protocolo n° QC-SEG-006

Procedimiento:

- El parche o cordón a ensayar debe ser limpia, que no tenga polvo y libre de restos de viruta de material geosintético, que pudiera alterar el ensayo.
- Preparar una solución de agua y jabón y mojar una sección del parche o cordón utilizando una escobilla.
- Aplicar solución espumante sobre la soldadura por extrusión y con la caja de vacío, aplicar presión manualmente y a la vez presión con compresora, de tal manera sea optima el ensayo.
- Como es una presión negativa, por la succión que se hace sobre la soldadura por extrusión, esta presión con la caja de vacío se debe realizar durante 15 a 20 segundos, con una presión máxima de 28 kpa.
- La caja de vacío debe tener una ventana de vidrio o laca transparente, que ayude a la visualización de las posibles fugas. De haber fugas se debe señalar el área a reparar y luego de su reparación realizar nuevamente el ensayo de vacío.
- El traslape de caja a caja debe ser de 6 a 7 cm.

		Rango de Presión		
		Mín/Max.	Min/Max.	Min/Max.
Mils	Mm	(KPa)	(bar)	(pulg/hg)
60	1.5	28/55	0.28/0.55	8.268/16.24
80	2.0	28/55	0.28/0.55	8.268/16.24
100	2.5	28/55	0.28/0.55	8.268/16.24

Tabla 05 De valores de presión



Figura 06 Prueba de vacío o “vacumm test”

III.2.2.2. Prueba de Chispa Eléctrica o “Spark Test”.

Se realizará la prueba de acuerdo a las especificaciones técnicas y la norma ASTM 6365. El ensayo de chispa se realizará en soldadura por extrusión, en donde se ha colocado un alambre conductor de energía, que sea detectado a una potencia eléctrica de 35 kilovoltios. El alambre debe cumplir ciertas características: debe ser número 32 y sin aislante.

El ejecutor del ensayo deberá hacer una inspección minuciosa del cordón de extrusión, de encontrarse zonas defectuosas en el cordón, estas se deben marcar para su reparación. Se esmerilará la zona a reparar con soldadura por extrusión, dejar enfriar la reparación el tiempo necesario y para luego hacerle su prueba de chispa. No se debe permitir hacer reparaciones sobre reparaciones, en caso contrario hacer nuevamente un parche o cordón nuevo. Si la falla es muy importante, se recomienda levantar el cordón defectuoso y volver a soldar. Los valores se registran en el protocolo n° QCA-FOR-006.

Se debe colocar el alambre de cobre sin quemar ni hacer brillar en la unión entre las dos geomembranas.



Figura 07 Prueba de chispa o “spark test”

III.2.2.3. Pruebas Destructivas de Cordones de extrusión.

Se contará con un laboratorio estándar que cumpla con los requerimientos mínimos, para realizar las pruebas destructivas, donde se tenga una temperatura de 23 ± 2 c° y entre una humedad relativa de 50% a 70%.

Las pruebas destructivas de soldaduras por extrusión, se realiza con tensiómetros aprobados. La muestra extraída de los cordones de extrusión (parches), de campo será ensayada por el técnico del tensiómetro autorizado, él será el único responsable de la ejecución del ensayo y de comunicar al Supervisor de los resultados.

De la muestra se cortarán 10 cupones de 2.54 cm por 20 cm, los cuales deben enumerar correlativamente, los números impares se le hará el ensayo de tracción de desgarro y los números pares el ensayo de corte. En todo tipo de geomembrana (HDPE y LLDPE) se realizará el ensayo de strian test.

Los cupones extraídos serán sometidos a la prueba destructiva en el tensiómetro calibrado y autorizado y por un técnico QC experimentado y autorizado por la supervisión, técnico del tensiómetro utilizando un tensiómetro que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto (velocidad de ensayo: 2” /min en geomembrana de HDPE y 20” /min en geomembrana de LLDPE).

Los criterios de aceptación de resultados de ensayos a las probetas para esfuerzo de corte (“shear”) es:

- Tipo de Rotura: FTB.
- Inspección Visual
- Las 5 probetas cumplen con la resistencia mínima será dado por aceptado, ésta de acuerdo a las especificaciones del proyecto y ASTM.
- La Resistencia Mínima requerida será dado por las especificaciones del proyecto, por el fabricante o de acuerdo a lo que indique la norma GRI 19
- La elongación deberá ser $\geq 50\%$ durante este ensayo en HDPE (“strain test”). Los criterios de aceptación de resultados de ensayos a las probetas para esfuerzo de desgarre (“peel”) es:

- Tipo de Rotura: FTB.
- Inspección Visual.
- Las 5 probetas cumplen con la resistencia mínima será dado por aceptado, ésta de acuerdo a las especificaciones del proyecto, al fabricante y ASTM D 6392-99.
- La Longitud lineal de despegue debe ser $< 25\%$ para HDPE y LLDPE y sus combinaciones de geomembrana según tipo de roturas aceptables e indicadas por el GRI Test Method GM19(área).

Los ensayos destructivos se consideran aprobados si se cumple con los criterios de aceptación, señalados en las especificaciones técnicas del proyecto. En caso de no cumplir, se deberá efectuar el siguiente procedimiento:

- En caso de ser un parche se debe sacar una destructiva antes y después hasta obtener un resultado satisfactorio.
- Una vez que el ensayo sea aceptado de acuerdo al criterio de aceptación, se reparará la zona intervenida utilizando un reemplazo con otro parche y hacer las pruebas de control de calidad.
- Las reparaciones mediante la aplicación de cordones de soldadura de extrusión, sobre la soldadura existente no están permitidas.

- Estas nuevas uniones deberán ser sometidas a los mismos ensayos, tanto No destructivos como destructivos para garantizar la calidad de los trabajos.
- Los cupones serán desechados una vez que sean inspeccionados por el cliente conjuntamente con el Supervisor.

III.2.3. Prueba geo-eléctrica

Los métodos geoeléctricos de fugas se vienen utilizando a nivel mundial en todas las obras o proyectos de ingeniería civil, a fin de manejar mejor sus sistemas ambientales y de producción. Este método de lanza de agua es para detectar fugas en la geomembrana expuestas.

En la actualidad este método se aplica en superficies descubiertas como las pozas y canales, es factible la detección de fugas en piso y taludes de una instalación, se detecta hasta el más mínimo agujero sobre la geomembrana.



Figura 08. Prueba geo-eléctrica para la geomembrana



IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se han identificado múltiples métodos de control de calidad, identificados en dos grupos: destructivos y no destructivos. Los que garantiza un buen funcionamiento de las estructuras civiles.
2. Son múltiples las ventajas con la aplicación de estos métodos de calidad, ya que ayudan en tiempo y costo en la realización de un proyecto.
3. Con la aplicación de los métodos de control de calidad se logran que los geosintéticos se mejora la calidad de vida de la población en la durabilidad en el tiempo de las estructuras públicas.
4. Que el avance tecnológico debe proponer parámetros de calidad en todo proyecto dentro los expedientes técnicos se apliquen la calidad y la mejora continua.
5. En la aplicación de dichos métodos de calidad se deben respetar los estándares, normas, ASTM y procedimientos de los métodos de calidad tanto en geomembrana y tubería HDPE, que permitan garantizar la calidad de los trabajos.

Recomendaciones

1. Se recomienda que, para todo trabajo público, en donde se utilice los geosintéticos, que en los expedientes técnicos se incluyan los métodos de control de calidad.
2. Se recomienda hacer una inspección visual al terreno donde se va instalar la geomembrana y la tubería, para evitar daños y hacer reparaciones innecesarias.
3. Se de hacer las pruebas de arranque e iniciales de los geosintéticos tanto de la geomembrana y de la tubería HDPE.
4. Se debe tener en cuenta la calidad dentro de los trabajos como producto final y que cumpla con su objetivo.
5. Se recomienda que en los expedientes técnicos de las obras públicas se tome en cuenta a la calidad.
6. Se recomienda que, para los trabajos con calidad, se debe contar con personal altamente calificado en soldadura e instalación de geosintéticos como en geomembrana y tubería HDPE.



V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASME BOILER. “Ensayos no destructivos. Líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ultrasonido”.

ASOCIACIÓN VENEZOLANA DE INDUSTRIAS PLÁSTICAS. “Tubos de polietileno para conducción de gas combustible”.

HARRINTON, J. 1997.COLOMBIA. “Administración total del mejoramiento continuo”.

<http://www.globalreporting.org>. “Geosynthetics Research Institute GRI”.
Disponible en:

KOERNER, R.1999. “Diseño con geosintéticos”. 4 ed. 1999. Editorial Prentice Hall. Perú. 122p.En línea. Consultado en
<http://www.umag.cl/geosintéticos/2010.pdf>.

KOERNER, ROBERT M. “Geotextiles: From Desing to applications.2016”.
Editorial Woodhead publishing.

LÓPEZ, F.2012. “Especificaciones de construcción con geosintéticos”. 2 ed.
Documento en línea. Disponible en:
<http://monografiás.com/trabajos75/costos-calidad-gestión-calidad-gestión-calidad2.shtml>

MORENO, PF; BOTERO, BL.2001. “Gestión de la Calidad ISO 9000 para empresas de construcción”.

RUBEN, GS. 2003. “Avances en la calidad de la construcción en el Perú y su proyección internacional”.

S. Kumar Shukla and Sanjay Shukla. “Geosynthetics and their applications”.
2002.Editorial Thomas Telford Publishing.



VI. ANEXOS

PLAN DE INSTALACION Y CONTROL DE CALIDAD DE GEOSINTETICOS

1. PLAN DE CALIDAD ESPECIFICO DE INSTALACION DE GEOSINTETICOS

1.1. Alcance o Descripción del Plan de Calidad

Es la empresa designada, para la instalación de la geomembrana en la “Plataforma de lixiviación Carachugo Etapa 14”.

El Plan de Control de Calidad de Segepsaj está incluido la planificación, control y aseguramiento de la calidad del proceso constructivo y mantener operativos los equipos de instalación y control.

El control de calidad se basa en las inspecciones y pruebas que se realizan al proceso constructivo plasmándolos en documentos donde se describe en forma secuencial las diferentes actividades que se van a realizar, como son los registros de aceptaciones de áreas, registros de evidencias de inspecciones, registros de aceptación de pruebas y mediciones.

El presente plan está basado en la especificación técnica de geosintéticos de mina, planos aprobados y vigentes del Proyecto, así como las modificaciones aprobadas que se generen en coordinación conjunta con el cliente.

El instalador inspeccionará y reparará el estado de la superficie de la geomembrana.

Las pruebas, ensayos y mediciones que se realizaran son:

- Verificación de operatividad y rendimiento de los equipos de soldar y soldador.
- Inspecciones y pruebas de las costuras en campo.
- Ensayos no destructivos.
- Ensayos destructivos.

Inicialmente se realizarán actividades generales como la preinspección de la geomembrana, se identificarán los daños como parches o beads. De ser el caso que se requiera instalar geomembrana en reparaciones mayores.

Las instalaciones serán realizadas con geomembrana de alta densidad (HDPE), lisa, simple texturada y de baja densidad (LLDPE)

1.2. Objetivo General

El instalador tiene como objetivo fundamental ejecutar el Proyecto encomendado cumpliendo con las especificaciones técnicas del proyecto, con el presente plan de calidad, seguridad, responsabilidad social, medioambiental y ética.

1.3. Objetivos Específicos

1. Instalar geomembrana al 100%, cumpliendo con las especificaciones técnicas del proyecto a realizar.
2. Reparar la geomembrana de acuerdo al plan de calidad en las soldaduras por fusión y extrusión.
3. Mantener los equipos de soldar y de control de calidad operativos durante el proceso de instalación de geosintéticos en el Proyecto.
4. Considerar todos los geosintéticos como geotextil, gcl y geonet; teniendo en cuenta las especificaciones del Proyecto.

1.4. Organigrama Funcional Específico del Personal Calificado

El personal encargado de la instalación y control de calidad de geosintéticos cumple con los requerimientos de este proyecto, de acuerdo con el cargo y funciones encomendadas.

1.5. Funciones y Responsabilidades del Personal Calificado

Se ha definido un organigrama básico, así como las descripciones de los cargos. El personal asignado para el área de Instalación y Control de Calidad cumple con las Normas exigidas por el Cliente

1.5.1. Supervisor de Control de Calidad de Geosintéticos:

- Coordinar con el Supervisor de Instalación de Geosintéticos la metodología de avance para el correcto desarrollo del proyecto.
- Reportar el avance diario al Jefe de Proyecto.
- Organizar al personal de control de calidad para los distintos trabajos y correcto desarrollo del proyecto.
- Controlar el fiel cumplimiento de las normas de control de calidad por el personal a su cargo.
- Verificación que los ensayos destructivos y no-destructivos estén de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.
- Velar por la correcta ejecución de todas las pruebas de control de calidad requeridas (air-test, vacuum-test, pick-test, spark-test y destructivas).
- Preparar las aceptaciones de paneles y uniones.
- Revisar los trabajos ejecutados por el equipo de producción de geosintéticos antes de realizar la correspondiente aprobación, es decir realizar una caminata previa antes de formalizar la entrega a la supervisión.

- Emitir, realizar seguimiento y cierre de los RTO al área de producción.
- Realizar seguimiento y cierre de los documentos de auditoria emitidos por la supervisión, tales como: SVR's y NCR's.
- Participar en las caminatas de entrega de área.
- Preparar y entregar diariamente a la supervisión todos los documentos de control de calidad y los resultados de las pruebas en campo (resultados de las pruebas destructivas y no destructivas).
- Preparar y entregar mensualmente del dossier de calidad de la instalación de geosintéticos a la supervisión.
- Reportar al jefe de proyectos respecto a los avances, necesidades y problemas técnicos que ocurran en la obra.
- Apoyar técnicamente en la solución de problemas de campo de acuerdo a las posibilidades.
- Confeccionar, presentar y gestionar los planos “As Built”.
- Inspeccionar, controlar y aprobar todos los trabajos de acuerdo con las buenas prácticas constructivas y con las especificaciones técnicas del proyecto.
- Verificar y controlar el buen desempeño de su personal a cargo.
- Coordinar las acciones correctivas necesarias para el cierre de los reportes de vigilancia y/o reportes de no conformidades.
- Acatar y respetar las normas y medidas disciplinarias de Salud y Seguridad.

- Mantener operativos los equipos y maquinarias entregados a su cargo.
- Presentar la información diaria de los protocolos de control de calidad generados en campo para su revisión y aprobación por parte de la supervisión.

1.5.2. Técnico del Tensiómetro

- Informar el avance diario de los soldadores al Supervisor Control de Calidad.
- Realizar el muestreo de las pruebas iniciales de los equipos de soldadura, tanto de fusión como de extrusión.
- Ensayar las muestras de las pruebas iniciales de los equipos de soldadura, tanto la soldadura de fusión como la soldadura de extrusión para probar si la soldadura cumple el esfuerzo de tracción según normas aplicables.
- Registrar los resultados de las muestras ensayadas de las pruebas iniciales de los equipos de soldadura.
- Comunicar al técnico soldador si los resultados de las muestras ensayadas de las pruebas iniciales de los equipos de soldadura se encuentran aprobados o por debajo de los parámetros permisibles indicados en las especificaciones técnicas.
- Realizar el muestreo de las destructivas de soldadura real en coordinación con QA.

- Este técnico de Laboratorio ensayará las muestras de las destructivas de soldadura real, tanto de fusión (DF) como las de extrusión (DX), para probar si la soldadura cumple el esfuerzo de tracción según normas aplicables.
- Verificar que las muestras ensayadas de las destructivas de soldadura real cumplan con los parámetros permisibles de las especificaciones técnicas.
- Registrar los resultados de las muestras ensayadas de las destructivas generadas.
- Comunicar al supervisor de control de calidad si los resultados de las muestras ensayadas de las destructivas generadas se encuentran aprobados o por debajo de los parámetros permisibles indicados en las especificaciones técnicas.
- Reportar al Supervisor Control de Calidad respecto a necesidades y problemas técnicos suscitados en el proyecto.
- Entregar documentación al final de jornada al Supervisor de Control de Calidad.
- Acatar, respetar las normas y medidas disciplinarias de Salud y Seguridad.

1.5.3. Técnico de Control de Calidad

- Realizar las pruebas de aire (AT) o cuchara (PT) a las costuras de fusión y las pruebas de vacío (VT) o chispa eléctrica (ST) a las costuras de extrusión.

- Registrar los resultados de las pruebas de aire, cuchara, vacío y chispa eléctrica.
- Verificar que los resultados de las pruebas de aire, cuchara, vacío y chispa eléctrica, cumplan con los parámetros permisibles de las especificaciones técnicas.
- Comunicar al supervisor de control de calidad si los resultados de las pruebas no destructivas se encuentran aprobados o por debajo de los parámetros permisibles indicados en las especificaciones técnicas.
- Entregar documentación al final de jornada al Supervisor de Control de Calidad.
- Acatar y obedecer las instrucciones impartidas por su superior inmediato.
- Detectar las necesidades y solicitar los materiales e insumos para el desarrollo continuo de las actividades de control.
- Desarrollar las actividades de control de acuerdo con las especificaciones técnicas y normativas vigentes de calidad.
- Reportar el avance diario al supervisor de control de calidad.
- Participar de las caminatas o entregas de área.
- Realiza la verificación, preparación y levantamiento de información (croquis de área) para entrega de áreas (aceptación de paneles).

1.6. Gestión Control Documentario

1.6.1. Verificación y Aprobación de los Proceso Constructivos

El supervisor de control de calidad de geosinteticos en coordinación con el supervisor de instalación de geosintéticos aprobarán en campo los lineamientos que se tiene que cumplir para realizar la instalación de la geomembrana.

1.6.2. Verificación y Aprobación de los Productos terminados

El supervisor de control de calidad de geosintéticos en coordinación con el supervisor de instalación de geosintéticos, realizarán previa a la entrega final un caminata o pre-caminata, posteriormente se comunicará a la Supervisión del cliente para la caminata final donde se verificará el proyecto culminado. Estos últimos otorgarán su conformidad de los trabajos ejecutados y se procederá a levantar un documento de entrega de área para su delimitación y protección.

1.6.3. Registro de Calidad

Los formatos de control de calidad luego de ser llenados pasan hacer los registros de calidad que liberan las distintas actividades de instalación de geomembrana y en señal de conformidad la Supervisión, los firman. Son estos documentos los que forman parte del dossier de calidad.

El supervisor de control de calidad de geosinteticos se encargará de presentar diariamente los registros de calidad a la Supervisión.

1.6.4. Reportes Periódico de Control de Calidad

El avance de la instalación y reparación de la geomembrana y sus respectivos controles de calidad se reportarán en los informes semanales del área de control de calidad, los que serán entregados a Control de Aseguramiento BISA.

1.6.5. Reportes de Trabajos Observados.

Los reportes de trabajos observados (RTO) serán emitidos donde las actividades hayan sido llevadas a cabo con resultados deficientes, no cumpliendo con lo indicado en las especificaciones técnicas.

El reporte indicará claramente:

- El trabajo observado y el área afectada.
- Trabajo requerido por el diseño.
- Medidas correctivas a ser tomadas.

Cuando el trabajo deficiente ha sido corregido por el supervisor de instalación de geosintéticos y aprobado por el Supervisor de Control de Calidad de geosintéticos, el reporte de trabajo observado (RTO) deberá ser cerrado y firmado. Las medidas correctivas serán anotadas y se adjuntarán los resultados de las nuevas pruebas realizadas, se obtendrá las firmas de aprobación y/o verificación del personal de terreno involucrado, se presentará el reporte de trabajo observado a la Supervisión, una vez emitido y una vez realizado el cierre.

1.6.6. Documentos de Auditoría Externa

Los documentos de auditoría externa son el reporte de vigilancia (SVR) y el reporte de no conformidad (NCR). Tan pronto se decepcionen los presentes documentos se aplicará medidas correctivas y se consignará de manera clara el sustento para levantar de manera oportuna las observaciones y aplicando las medidas correctivas en base a las especificaciones técnicas del proyecto, los planos de construcción y los estándares de calidad.

1.6.7. Dossier de Calidad.

El Dossier de Calidad se elaborará con los registros de calidad originales debidamente firmados, codificados, revisados por el supervisor de control de calidad de geosintéticos y firmados por la Supervisión para su entrega; el cual se hará de manera mensual. Se usa un “QC INDEX”.

1.6.8. Planos “As – Built”.

Los planos “As-Built” se irán generando conforme se avance la instalación de geomembrana, con una periodicidad mensual.

Los planos “As-Built” y “Red Liner” que plasmen los cambios a los planos de construcción serán entregados al final del Proyecto a la Oficina Técnica, quien lo revisará y emitirá sus observaciones antes de ser entregados al Área de Control de Calidad y posteriormente para su aprobación a la Supervisión.

1.6.9. El instalador de geomembrana presenta una relación de formatos de control de calidad que a continuación detallamos:

- QC-SEG-001: Prueba Inicial de Soldadura por Extrusión.
- QC-SEG-002: Prueba Inicial de Soldadura por Fusión.
- QC-SEG-003: Despliegue de Geomembrana.
- QC-SEG-004: Uniones por Fusión.
- QC-SEG-005: Control de Calidad - Soldadura de Fusión.
- QC-SEG-006: Control de Calidad - Soldadura de Extrusión.
- QC-SEG-007: Ensayos Destructivos Soldadura por Fusión.
- QC-SEG-008: Ensayos Destructivos Soldadura por Extrusión.
- QC-SEG-009: Croquis para entrega de Área.
- QC-SEG-010: Aceptación de panel y unión.
- QC-SEG-011: Despliegue de Geotextil.
- QC-SEG-012: Despliegue de Geonet.
- QC-SEG-013: Despliegue de GCL.
- QC-SEG-014: Recepción de geomembrana.
- QC-SEG-015: Recepción de geotextil.
- QC-SEG-016: Recepción de GCL.
- QC-SEG-017: Aceptación de Superficie.
- QC-SEG-018: RTO

2.1. Actividades del Proceso de Instalación.

A continuación, se detalla las actividades de control de calidad que se realizarán en el proceso de instalación de geomembrana:

2.2. La prueba de puesta en marcha o servicio

La prueba de Puesta en Marcha del equipo de soldadura es un requisito básico y obligatorio antes de dar inicio a los trabajos en terreno del proyecto al cual se va a iniciar, ya que ello permite establecer si los equipos de soldadura están trabajando adecuadamente comprobar la destreza y/o la habilidad del técnico de extrusión y/o fusión y por tanto se minimiza el riesgo de falla en una soldadura por fusión o extrusión.

A continuación, se describe el procedimiento de las pruebas de puestas en marcha de los equipos de soldadura:

- Las pruebas se realizarán sobre retazos de geomembrana de un tamaño apropiado para verificar que las condiciones de soldadura y procedimientos sean los adecuados. El retazo de geomembrana deberá tener 3500 mm de largo para los equipos de **soldadura por extrusión** y 7000 mm de largo para los equipos de **soldadura por fusión**.
- En el retazo se anotará: fecha y hora de ejecución, temperatura ambiente, número de máquina, temperatura de máquina y nombre del Técnico soldador.
- Las pruebas de puesta en marcha se realizarán en presencia del Supervisor QA y el Supervisor de control de calidad. El primero deberá proceder a realizar el marcado aleatorio las probetas en los retazos de geomembrana donde se ejecutó la soldadura. Las probetas se extraerán de la muestra y se ensayará y de acuerdo a EETT del proyecto. Las probetas extraídas deberán ser numerado tanto en la muestra como sobre

- ella de manera de facilitar su identificación y posición dentro de la muestra.
- De las muestras de soldadura se extraerán 10 probetas de 1” de ancho y 8” de largo, cinco (5) de las cuales serán ensayadas en tracción al desgarre (*PEEL*) y cinco (5) al ensayo en tracción de corte (*SHEAR*) y en el caso de las probetas de soldadura por fusión se deben probar ambos lados de la unión.
- Las probetas extraídas serán ensayadas utilizando un tensiómetro que cumpla con las especificaciones Técnicas del proyecto, debidamente aprobado por Control de Aseguramiento BISA por escrito.
- La prueba de puesta en marcha se considera aprobada si cumple con criterios de aceptación, ASTM. El supervisor de control de calidad será el único responsable de la ejecución de este ensayo, así como también el único responsable de dar la autorización para el inicio de los trabajos de soldadura en terreno, mientras tanto, todos los soldadores con sus máquinas deben esperar esta señal de inicio.
- En caso de que el supervisor de control de calidad rechace una prueba de soldadura, el técnico deberá revisar su máquina para comprobar este bien calibrada, limpia y con sus respectivos controladores funcionando. Luego podrá volver a realizar la prueba. En caso de fallar nuevamente, el equipo deberá ser retirado del terreno y llevado a mantenimiento.
- Se llevará un registro correlativo de las pruebas de puesta en marcha de los equipos de soldar que se requiera utilizar en el proyecto.

2.3. Pruebas Iniciales

Las pruebas iniciales de los equipos de soldadura son un requisito básico y obligatorio antes de dar inicio a la instalación de geomembrana, ya que podemos establecer si los equipos de soldadura están trabajando adecuadamente y por tanto se minimiza el riesgo de falla.

Las pruebas iniciales se realizarán diariamente, de acuerdo a los siguientes criterios:

- Después de 5 horas de operación continua (una en la mañana y otra en la tarde).
- Después de reparar el equipo.
- Cada vez que un técnico utilice un equipo distinto.
- Cuando se sufra un cambio brusco de temperatura.
- Cuando un equipo es desconectado, cualquiera sea el motivo, excediendo los 15 minutos, entonces se hará otra prueba de inicio.
- Cuando se realiza una inspección visual a la costura de soldadura y no se aprecia una buena soldadura.

A continuación, se describe el procedimiento de las pruebas iniciales de los equipos de soldadura:

- Las pruebas iniciales se realizarán en retazos de geomembrana de tamaño que permita verificar que la soldadura y los procedimientos sean los adecuados. El retazo de geomembrana tendrá **300 mm** de ancho y **1000 mm** de largo. En los retazos de geomembrana soldados se anotará: fecha, hora, temperatura ambiente, número de máquina, temperatura de máquina y nombre del soldador.

- Las Pruebas iniciales se hará por cada soldador en equipo de fusión y extrusión por el técnico asignado. Esta prueba se realiza en condiciones similares que las de la soldadura final de campo (superficie, condiciones ambientales, etc.).
- Dado que el ensayo de las pruebas iniciales es una verificación del buen estado de los equipos a soldar. El técnico del tensiómetro es el responsable de ensayar dichas pruebas y darlas por aprobado o desaprobado y así él dará la autorización al técnico soldador si procede a soldar o no. El cliente o su representante podrá verificar la calidad de soldadura en terreno o en los testigos que se guardan para su inspección por parte del Supervisor hasta el final de la jornada.
- Las probetas o testigos que se extraen en forma aleatoria de la muestra realizada, especialmente en zonas que el técnico del tensiómetro observe que puedan fallar. Las probetas extraídas deberán ser numeradas para facilitar su identificación y posición dentro de la muestra.
- Para la soldadura por extrusión, de la muestra realizada se deberán extraer 10 probetas de 1” de ancho y 8” de largo, 5 de las cuales serán ensayadas por tracción al Desgarre (Peel) y 5 al ensayo de Corte (Shear).
- Para la soldadura por fusión, de la muestra efectuada se considerarán 10 probetas de 1” de ancho y 8” de largo, de los cuales 5 serán ensayados al Desgarre (Peel) y 5 probetas más para el ensayo de Corte (Shear). En las probetas por fusión se deben probar ambos lados de la unión.
- Las probetas extraídas serán ensayadas por el técnico del tensiómetro encargado utilizando un tensiómetro que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto, (velocidad de prueba 2 pulgadas/min para HDPE y 20 pulgadas/min para LLDPE de acuerdo a ASTM- D 6392-99), el cual deberá estar

calibrado y respaldado con un certificado de calibración original de una institución reconocida en la frecuencia establecida por el fabricante y las probetas extraídas con un “Cortador de Probetas” (Cuponera) estándar.

2.4. Aceptación de superficie de terreno para instalación de geomembrana:

Se tendrá en cuenta lo siguiente, para la Aceptación de la superficie:

- La superficie de la capa de soil liner, sobre la cual se colocará la geomembrana se encuentre aprobada.
- La superficie de la capa de soil liner sobre la cual se colocará la geomembrana no presente partículas que sobresalen de la superficie.
- La superficie de la capa de soil liner, sobre la cual se colocará la geomembrana se encuentre alisada, sin depresiones ni presenta un relieve irregular que pueda ser nocivo para el comportamiento de la geomembrana.
- La superficie de la capa friccionante sobre la cual se colocará la geomembrana se encuentre aprobada.
- La superficie de la capa friccionante sobre la cual se colocará la geomembrana no presenta partículas sueltas que perjudiquen el comportamiento de la geomembrana.

2.5. Instalación de geomembrana

La tarea de instalación y soldadura de la geosintéticos será realizada solamente en el turno de día y con personal debidamente entrenado. Se utilizará equipo y herramientas apropiadas para estos efectos.

En el caso de que los paneles sean mayores a 50 mts. y la pendiente sea mayor de 3:1 el anclaje temporal o definitivo será colocado inmediatamente después que se haga el 20% del traslape de la parte alta correspondiente, esto para evitar deslizamiento de la geomembrana por su propio peso.

La instalación de geosintéticos consiste en desplegar la geomembrana en superficies aprobadas de terreno, para lo cual el supervisor de producción de movimiento de tierras en coordinación con el supervisor de instalación de geosintéticos procederán con el despliegue tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- No se dejará ningún panel sin soldar durante el proceso de instalación, cabe decir: **PANEL DESPLEGADO = PANEL SOLDADO.**
- Si existe llovizna, humedad o escarcha, por más mínimas que sean, se suspenderá el trabajo, para evitar daños en el personal por efectos de resbalones sobre la geomembrana.
- En pendientes menores de 3:1 (H: V) de existir corrientes de viento que superen los 25 Km./ Hora se suspenderá el despliegue de geomembrana.
- En pendientes mayores de 3:1 (H: V) de existir corrientes de viento que superen los 25 Km./Hora se suspenderá el despliegue de la geomembrana.
- El equipo de despliegue a utilizar no deberá dañar la superficie aprobada del terreno.
- Contar anticipadamente de un adecuado anclaje temporal (sacos de lastre).

- El espacio máximo entre sacos con lastre será de 0.60 m, para evitar levantamientos por efectos del viento y servirá además para evitar trampolines cuando corresponda (pie de taludes).
- El peso promedio de cada saco será aprox. entre de 15 kg a 20 kg, y asegurado correctamente en la boca del saco con rafia para que no pierda el material.
- En pendientes mayores a 3:1 los sacos deben de estar amarrados entre sí con sogas y asegurados a un punto fijo (Ejem, Anclaje, Estacas, Etc.).
- Se realizará el despliegue sobre terreno preparado adecuadamente previniendo el uso de anclajes temporales para evitar daños o accidentes por el viento. El personal de instalación colocará en los extremos del panel de geomembrana teniendo en cuenta en la instalación la dirección del viento y pendientes, siendo mayor la cantidad de personal en el extremo opuesto a la dirección del viento y pendiente.
- Los paneles deben ser instalados en paralelo a favor de la línea de máxima pendiente.
- El traslape entre las geomembranas deberá ser el adecuado de acuerdo al tipo de máquina con que se va a soldar. El Traslape de los paneles será a favor de la pendiente (Flujo).
- La orientación del traslape entre paneles antes de ser soldados, estará dirigido en sentido contrario de la dirección del viento. En caso de que éste traslape se encuentre contra la pendiente se procederá de la siguiente manera:

- **Soldadura menor de 7 metros:** El traslape se hará en función de la pendiente sin tener en cuenta la dirección del viento, siendo asegurada con sacos separados entre sí a una distancia máxima de 0.60 m.
- **Soldadura mayor de 7 metros:** El traslape se hará en sentido contrario de la dirección del viento, en caso de que el traslape se encuentre contra la pendiente será cambiado en forma progresiva en relación al avance de la soldadura con un margen de 5 metros adelante.
- Cuando las condiciones climáticas sean adversas (lluvia, granizo, helada, viento, etc.). **NO** se instalará geomembrana, ya que pone en riesgo la integridad de los trabajadores, calidad del material, equipos, etc.
- En el anclaje temporal y fijaciones laterales (último panel desplegado) se utilizará 2 líneas de sacos con lastre o material adecuado (arena, PL, etc, a cualquiera que tenga una granulometría que no dañe la geomembrana instalada). Este anclaje deberá ser colocado oportuna y adecuadamente sobre la geomembrana de manera que pueda minimizar los daños al personal, materiales, equipos, etc. producto de la acción del viento.
- Toda la geomembrana desplegada durante una jornada de trabajo diaria quedará soldada y debidamente asegurada a fin de evitar riesgos a las personas, daños al material o a la propiedad.

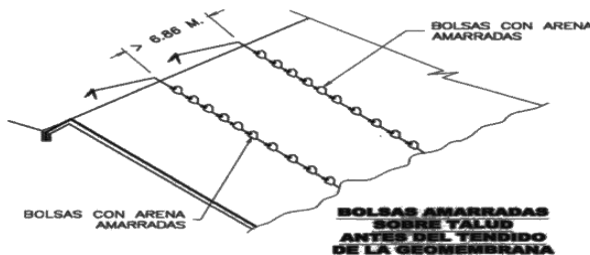


Figura 08 Aseguramiento de la geomembrana

2.6. Uniones por fusión (Soldadura por Fusión)

Solo una vez aceptado el ensayo de pruebas iniciales por el técnico del tensiómetro, se dará la orden de iniciar los trabajos de soldadura de uniones por fusión.

Todas las juntas serán soldadas de manera de obtener una condición relajada y libre de tensión con el fin de evitar trampolines. En el caso de las uniones a soldar en las esquinas de los vértices se realizarán marcas del traslape cuando estas estén en su máxima contracción para posteriormente proceder a realizar la soldadura correspondiente.

La temperatura de la cuña (soldadura por fusión) puede alcanzar hasta los 450 °F.

El Contacto con estos equipos debe ser siempre por personal debidamente entrenado y capacitado para las funciones de mantenimiento y operación.

La operación o mantenimiento NO autorizado de estos equipos podría causar quemaduras severas por negligencia Individual.

El Trabajador deberá utilizar siempre sus herramientas y EPP's adecuadas para el mantenimiento y operación y el supervisor de instalación de geosinteticos velará por que estos elementos sean utilizados.

En las costuras de fusión se extraerán cupones de entrada y salida, estos cupones se extraen hasta una longitud mínima de 15 metros.

Todas las costuras o uniones soldadas por fusión serán registradas en el formato n° QC-SEG-004.

2.7. Prueba de Aire o “Air Test”

La prueba de aire se utiliza para verificar la continuidad del canal u orificio que deja la soldadura por fusión, detectando defectos o fallas puntuales en éste. Las pruebas de aire se ejecutarán en toda la longitud de la costura y en todas las uniones. Las pruebas se realizarán luego de haber culminado las costuras soldadas.

La prueba de aire es ejecutada en el canal de aire de la soldadura de fusión realizada por la cuña. El equipo para ejecutar este ensayo es:

- Un equipo de aire (bombín manual, bomba eléctrica, etc) con capacidad de generar una presión mínima de 350 kpa y un manómetro que tenga intervalos mínimos de 7 kpa.
- Un Set de Prueba de aire consistente en una aguja hueca para inyectar aire dentro del canal de la junta, un manómetro de capacidad por encima de los 35 Psi. y los diferentes accesorios de acople fitting unidos con cinta teflón para evitar fugas de aire por presión. Estas extensiones en forma periódica serán sumergidas en agua con aire aislado (más de 35 Psi) entre el extremo que contiene a la aguja hueca sellada con la llave de cierre de salida para determinar así si es que hubiese fuga por las uniones.
- Una pistola de aire caliente o soplete a gas para sellar los extremos del canal de aire.

Procedimiento:

- Sellar ambos extremos del canal de aire de la junta a ser testada, aplicando calor hasta que se funda, ejercer presión en dicha zona y dejar enfriar.

- Insertar la aguja dentro del canal de aire por uno de los extremos de junta. Para efectuar esta operación, se recomienda precalentar la zona de penetración para perforar la geomembrana y así facilitar el ingreso de la aguja (El precalentamiento se hará con soplador de aire caliente o algún equipo similar)
- Inyectar aire a presión con un equipo de aire. La presión a utilizar va de acuerdo al espesor de la lámina de la geomembrana (30 psi a 35 psi). Las presiones a utilizar son las mostradas en la siguiente tabla:

Espesor de Lamina HDPE y LLDPE		Rango de Presión		Caída admisible de presión después de 5 min.
		Mínima	Máxima	
Mils	Mm	(KPa)/Psi	(KPa)/Psi	(KPa)/Psi
40	1.0	193/30	241/35	21/3
60	1.5	193/30	241/35	21/3
80	2.0	193/30	241/35	21/3
100	2.5	193/30	241/35	21/3

Tabla 06 Rango de valores

- el aire dentro del canal de prueba, se deberá esperar un lapso de tiempo a 2 minutos para permitir que la presión del aire se estabilice y se leerá la presión, y será tomada como presión inicial.

- La presión final se lee 5 minutos después de la Presión inicial.
- La prueba de aire será aprobada si transcurrido el tiempo de espera, 5 minutos la diferencia entre la Presión inicial y la Final es menor o igual a 3 psi (21Kpa)
- Si la diferencia entre las dos lecturas es más de 3 psi (21 Kpa), se recomienda revisar visualmente la unión en busca de posibles fallas. De no encontrarse, se deberá rehacer la prueba de aire verificando que no exista fuga de aire por la aguja.
- Transcurrido el tiempo antes mencionado y no habiéndose observado fuga de aire, se deberá verificar si el canal de aire se encuentra libre y que, efectivamente la prueba de aire ha considerado la totalidad del cordón. Para ello, se deberá cortar la unión en el extremo opuesto al que se encuentra la aguja y verificar si el aire ha salido en su totalidad y el manómetro bajará a Cero. La bajada de presión de aire al cortar el extremo opuesto de la entrada de aire debe ser inmediata y abrupta para que se considere buena la prueba. Si esto no ocurre así, es señal de que existe alguna obstrucción y se deberá proceder como tal.
- Si el aire no sale, es señal que el canal de aire se encuentra bloqueado en alguna parte de la unión por lo que deberá ser localizada, reparada y rehacerse la prueba.
- En caso de mantenerse el problema (fuga de aire y por tanto la unión es defectuosa) y/o falla del equipo se deberá proceder de la siguiente manera:

2.8. Prueba de Picado o “PICK TEST”

Esta prueba será ejecutada con una cuchara en lado externo de las soldaduras de fusión (bajo el traslape), con el fin de determinar si es que hubiese alguna rotura exterior a la soldadura de fusión. Esta prueba se realizará cuando se requiera y a solicitud del cliente.

Esta prueba no destructiva consiste en identificar alguna rotura en la soldadura por fusión. El equipo consta de una cuchara sin filo con el borde redondeado, ubicándolos en el borde externo de las soldaduras de fusión y pasándolo por toda la longitud de la costura.

Los resultados de la presente prueba se registrarán en formato QC-SEG-005 Rev.1, de igual forma al costado de la costura, ya sea al inicio o al final de la costura, se anotará: fecha, hora, iniciales del técnico de control de calidad que realizó la prueba y si la prueba está aprobada o desaprobada. Las pruebas se realizarán durante la realización de la prueba de aire o “air test”.

2.9. Pruebas Destructivas de Costuras por Fusión:

Se contará con un laboratorio estándar que cumpla con los requerimientos mínimos, para realizar las pruebas destructivas, donde se tenga una temperatura de 23 ± 2 c° y entre una humedad relativa de 50% a 70%.

Las pruebas destructivas de costuras de soldaduras de fusión se realizarán en tensiómetros aprobados. La muestra extraída de la costura de campo será ensayada por el técnico del tensiómetro autorizado, él será el responsable de la ejecución y evaluación de los resultados de la prueba e informar al Supervisor de Control de Calidad de los resultados.

A la muestra extraída se cortarán 10 probetas (testigos) de 1" de ancho y 8" de largo; de las cuales: las primeras 5 probetas serán sometidas a ensayo dimensional verificando espesores de ambas geomembranas utilizando un Pie de Rey (Vernier) y posterior ensayo de tracción desgarre (Peel). En el caso de probetas de soldadura por fusión, este ensayo se efectuará por ambos lados de la probeta. Las restantes 5 probetas, serán sometidas al ensayo de tracción corte (Shear). En caso que el material de la muestra sea Polietileno de Alta Densidad (HDPE), se efectuará el ensayo de "Strain Test".

Las probetas extraídas serán ensayadas por el técnico del tensiómetro utilizando un tensiómetro que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto (velocidad de ensayo: 2" /min en geomembrana de HDPE y 20" /min en geomembrana de LLDPE).

Los criterios de aceptación de resultados de ensayos a las probetas para esfuerzo de corte ("shear") es:

- Tipo de Rotura: FTB.
- Inspección Visual.
- Las 5 probetas cumplen con la resistencia mínima será dado por aceptado, ésta de acuerdo a las especificaciones del proyecto y ASTM.
- La Resistencia Mínima requerida será dado por las especificaciones del proyecto, por el fabricante o de acuerdo a lo que indique la norma GRI 19.
- La elongación deberá ser $\geq 50\%$ durante este ensayo en HDPE ("strain test").

Los criterios de aceptación de resultados de ensayos a las probetas para esfuerzo de desgarre ("peel") es:

- Tipo de Rotura: FTB
- Inspección Visual.

- Las 5 probetas cumplen con la resistencia mínima será dado por aceptado, ésta de acuerdo a las especificaciones del proyecto, al fabricante y ASTM.
- La Longitud lineal de despegue debe ser $< 25\%$ para HDPE y LLDPE y sus combinaciones de geomembrana según tipo de roturas aceptables e indicadas por el ASTM (área).

Los ensayos destructivos se consideran aprobados si se cumple con los criterios de aceptación señalados en las especificaciones técnicas. En caso de no cumplir, se deberá efectuar el siguiente procedimiento:

- Se deberán extraer muestras adicionales del mismo tamaño a una distancia no mayor de 3 m de la muestra sacada en ambos sentidos. Estas nuevas muestras deberán ser ensayadas de la misma manera que la muestra original y verificar su aceptación o rechazo. En caso de fallar, se deberá repetir el procedimiento hasta obtener un resultado satisfactorio.
- En caso de ser un parche se debe sacar una destructiva antes y después hasta obtener un resultado satisfactorio.
- Una vez que el ensayo sea aceptado de acuerdo al criterio de aceptación, se reparará la zona intervenida utilizando un reemplazo de junta con un “cap” y sus respectivos parches y control de calidad.
- Las reparaciones mediante la aplicación de cordones de soldadura de extrusión, sobre la soldadura existente no están permitidas.
- Estas nuevas uniones deberán ser sometidas a los mismos ensayos, tanto No destructivos como destructivos para garantizar la calidad de los trabajos.
- Los cupones serán desechados una vez que sean inspeccionados por el cliente conjuntamente con el Supervisor.

- El testigo original generalmente tiene una longitud de 1m, donde un tercio se ensaya y los otros dos se guardan bajo custodia del Cliente y el Instalador.

2.10. Uniones por Extrusión (Soldadura por Extrusión)

Este tipo de uniones se usará específicamente para el parchado y detalles especiales de instalación de geomembranas, también es útil para conectar nuevos paneles hacia recubrimientos ya instalados (Tie-in).

En las máquinas de soldar con aporte (Extrusión) su temperatura está sobre los 200 °C, para evitar y minimizar los riesgos por contacto se ha implementado en la cámara de conversión un aislante térmico, además se deberá tener en cuenta las mismas indicaciones del supervisor de instalación de geosintéticos y las del fabricante de estos equipos.

Tener en cuenta siempre que en una soldadura por extrusión el cordón de soldadura permanece caliente entre 200 - 230 °C por unos minutos hasta que disminuye gradualmente su temperatura y que debe ser en forma natural por esa razón no se debe tener ningún tipo de contacto directo con él.

Jamás comprobar la temperatura de los equipos y soldadura directamente con las manos, utilice siempre las herramientas apropiadas para tal función (termómetros digitales de contacto, láser, etc.).

Todas las costuras o uniones soldadas por extrusión se realizarán las siguientes pruebas:

2.11. Prueba de Vacío o “Vacuum Test”

Las pruebas se realizarán luego de haber culminado las costuras soldadas. La Prueba de Vacío se ejecuta sobre las soldaduras de extrusión y se puede utilizar en casos excepcionales sobre las soldaduras de fusión. Esta prueba se realizará a solicitud el cliente. Los resultados se registran en el formato n° QC-SEG-006

Procedimiento:

- El parche o cordón a ensayar debe estar limpia, exenta de polvo y libre de restos de geomembrana u otro material que pudiera alterar el ensayo.
- Preparar una solución de agua y jabón y mojar una sección del parche o cordón utilizando una escobilla.
- Colocar la Caja de Vacío sobre el área con solución jabonosa y aplicar el peso del cuerpo para formar una junta entre el sello de espuma y el revestimiento de tal manera que la junta este al centro.
- Debido a la acción de la bomba de vacío, el aire dentro de la caja será succionado creando una presión negativa entre 28 Kpa y 55 Kpa. Mantener la presión por lo menos de 15 segundos.
- Observar la junta a través de la parte transparente de la caja. En caso de existir fuga, serán detectadas porque se formarán burbujas con la solución jabonosa en el punto de falla. En ese caso, se debe retirar el equipo y hacer una marca para una posterior reparación y ensayo.

- Si no se observan burbujas se da por terminado el ensayo y se trasladará la caja sobre la siguiente área húmeda para probarla con un ligero traslape (7,5 cm. ó 3 pulgadas).

		Rango de Presión		
		Mín/Max.	Min/Max.	Min/Max.
Mils	Mm	(KPa)	(bar)	(pulg/hg)
60	1.5	28/55	0.28/0.55	8.268/16.24
80	2.0	28/55	0.28/0.55	8.268/16.24
100	2.5	28/55	0.28/0.55	8.268/16.24

Tabla 07 Rangos de valores o “vacumm test”

2.12. Prueba de Chispa Eléctrica o “Spark Test”.

Se realizará la prueba de acuerdo a las especificaciones técnicas y la norma ASTM 6365.

La Prueba de Chispa eléctrica se ejecutará sobre todas las soldaduras de extrusión que lleven alambre de cobre.

Básicamente, este ensayo está orientado a ser efectuado en lugares de difícil accesibilidad por parte de caja de vacío. No obstante, lo anterior, su campo de trabajo determinado a materiales

El técnico de Control de calidad deberá revisar el sector defectuoso y será marcado para su reparación. La reparación consiste en esmerilar la zona defectuosa sobre el cordón y luego colocar un nuevo cordón de extrusión sobre el existente. Este procedimiento se aplicará por única vez, en caso de mantenerse la falla del mismo sector, se deberá reemplazar el cordón o

parche. No se permitirá efectuar varias soldaduras una sobre otra. Si la magnitud de la falla es importante, se recomienda levantar el cordón defectuoso y volver a soldar. Los resultados se registran en el formato n° QCA-FOR-006

Se debe tener la precaución de que, al momento de colocar el alambre de cobre, este quede exactamente en la unión entre las dos geomembranas.

2.13. Pruebas Destructivas de Cordones de extrusión.

Se contará con un laboratorio estándar que cumpla con los requerimientos mínimos, para realizar las pruebas destructivas, donde se tenga una temperatura de 23 ± 2 c° y entre una humedad relativa de 50% a 70%.

Las pruebas destructivas de soldaduras por extrusión, se realiza con tensiómetros aprobados. La muestra extraída de los cordones de extrusión (parches), de campo será ensayada por el técnico del tensiómetro autorizado, él será el responsable de la ejecución y evaluación de los resultados de la prueba e informar al Supervisor de Control de Calidad de los resultados.

A la muestra extraída se cortarán 10 probetas (testigos) de 1” de ancho y 8” de largo; de las cuales: las primeras 5 probetas serán sometidas a ensayo dimensional verificando espesores de ambas geomembranas utilizando un Pie de Rey (Vernier) y posterior ensayo de tracción desgarre (Peel). En el caso de probetas de soldadura por extrusión, este ensayo se efectuará por un lado de la probeta. Las restantes 5 probetas, serán sometidas al ensayo de tracción corte (Shear). En caso que el material de la muestra sea Polietileno de Alta Densidad (HDPE), se efectuará el ensayo de “Strain Test”.

Las probetas extraídas serán ensayadas por el técnico del tensiómetro utilizando un tensiómetro que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto (velocidad de ensayo: 2” /min en geomembrana de HDPE y 20” /min en geomembrana de LLDPE).

Los criterios de aceptación de resultados de ensayos a las probetas para esfuerzo de corte (“shear”) es:

- Tipo de Rotura: FTB.
- Inspección Visual
- Las 5 probetas cumplen con la resistencia mínima será dado por aceptado, ésta de acuerdo a las especificaciones del proyecto y ASTM.
- La Resistencia Mínima requerida será dado por las especificaciones del proyecto, por el fabricante o de acuerdo a lo que indique la norma GRI 19
- La elongación deberá ser $\geq 50\%$ durante este ensayo en HDPE (“strain test”).

Los criterios de aceptación de resultados de ensayos a las probetas para esfuerzo de desgarre (“peel”) es:

- Tipo de Rotura: FTB
- Inspección Visual
- Las 5 probetas cumplen con la resistencia mínima será dado por aceptado, ésta de acuerdo a las especificaciones del proyecto, al fabricante y ASTM.
- La Longitud lineal de despegue debe ser $< 25\%$ para HDPE y LLDPE y sus combinaciones de geomembrana según tipo de roturas aceptables e indicadas por el ASTM (área).

Los ensayos destructivos se consideran aprobados si se cumple con los criterios de aceptación, señalados en las especificaciones técnicas del

proyecto. En caso de no cumplir, se deberá efectuar el siguiente procedimiento:

- En caso de ser un parche se debe sacar una destructiva antes y después hasta obtener un resultado satisfactorio.
- Una vez que el ensayo sea aceptado de acuerdo al criterio de aceptación, se reparará la zona intervenida utilizando un reemplazo con otro parche y hacer las pruebas de control de calidad.
- Las reparaciones mediante la aplicación de cordones de soldadura de extrusión, sobre la soldadura existente no están permitidas.
- Estas nuevas uniones deberán ser sometidas a los mismos ensayos, tanto No destructivos como destructivos para garantizar la calidad de los trabajos.
- Los cupones serán desechados una vez que sean inspeccionados por el cliente conjuntamente con el Supervisor.

2.14. Pre-caminatas de Áreas Instaladas de Geomembrana

Se realizarán pre caminatas de entrega de área con la participación de los técnicos y supervisor de control de calidad, cuando se cumplan los siguientes procedimientos:

- Cuando las instalaciones de los geosintéticos se hayan completado al 100%.
- Cuando las pruebas de control de calidad tanto como destructivas y no destructivas se hayan cumplido al 100%.
- Cuando toda la documentación este firmada por Control de Aseguramiento.
- Cuando se cumpla con una prelectura de croquis al 100%.
- Cuando se realice una pre-caminata al 100%



2.15. Caminatas Finales de Áreas Instaladas de Geomembrana

Se convocará a camina finales cuando:

- Cuando se hayan cumplido todos los pasos o procesos de las Pre-caminatas y las prelecturas.
- Cuando las observaciones realizadas durante la caminata de aceptación se hayan levantado satisfactoriamente para el cliente o sus representantes.



Plan de Calidad: Soldadura por termofusión de tuberías HDPE



PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA POR FUSION A TOPE DE TUBERIAS HDPE

I. PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUBERIAS DE HDPE

Este informe corresponde al procedimiento de control de calidad a llevarse a cabo en la soldadura y pruebas de las tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE).

Las especificaciones técnicas que se tendrán en cuenta durante los trabajos son las consideradas en la descripción de los procesos respectivos.

1.- CONCEPTOS BASICOS

1.1.- MATERIAL TERMOPLASTICO:

Son polímeros de cadena recta, con moléculas conteniendo millares de átomos de carbono alineados. Para estos materiales un calentamiento origina un reblandecimiento antes de llegar a su punto de fusión sin alterar su estructura molecular, es decir, sin que se haya modificado las propiedades del material.

Este proceso de ablandamiento-endurecimiento puede darse a cabo repetidas veces. Sin alteración de sus propiedades.

Es precisamente esta propiedad la que se aprovecha en la soldadura por termofusión.

El polietileno es uno de los materiales más representativos de este grupo y se presta convenientemente para la unión por este método.

1.2.- POLIETILENO

Material termoplástico obtenido de la polimeración del eteno. Se distinguen cuatro grados de este material de acuerdo a su peso molecular:

Peso molecular Medio	menos de 100,000 átomos de carbono
Peso molecular Alto	110,000 a 250,000
Peso molecular Extra alto	250,000 a 1, 500,000
Peso molecular Ultra alto	1'500,000 en adelante

A mayor peso molecular la dureza, resistencia al impacto y a la abrasión se incrementan.

Otra clasificación se da en función a la densidad:

Polietileno de baja densidad	< 0.93 gr/cc
Polietileno de alta densidad	> 0.93 - 0.96 gr/cc

Cabe mencionar que a mayor densidad la resistencia a la tracción se incrementa; es decir, la capacidad de absorber esfuerzos sin deformación permanente aumenta.

Por sus propiedades ventajosas se viene utilizando industrialmente, el polietileno de **alta densidad (HDPE)** y de extra alto peso molecular (EHMW), material de las tuberías a instalarse.

1.3.- CLASIFICACION DE LAS TUBERIAS DE HDPE

Estas tuberías se clasifican de acuerdo a un parámetro conocido como SDR que se define como la relación entre el diámetro exterior controlado de tubería y el espesor de pared de tubería.

$$SDR = \frac{OD}{t}$$

OD= Diámetro exterior controlado de tubería

t = Espesor de pared.

Los SDR estandarizados son los siguientes: 41, 32.5, 26, 21, 17, 13.5, 11, 9, 7.3. A cada SDR le corresponde una determinada presión de operación.

Se adjunta cuadro del fabricante KWH como referencia para mayor información.

1.4.- SOLDADURA DE TUBERIAS POR TERMOFUSION

Soldadura de tuberías de material termoplástico por fusión de extremos, vía elemento calefactor tipo conductivo y unión a presiones predeterminadas.

II. EQUIPO DE SOLDADURA DE TERMOFUSION PARA TUBERIAS DE HDPE

Las últimas máquinas especiales diseñadas para este uso están conformadas por los siguientes elementos.

2.1.- ELEMENTO CALEFACTOR: Plancha metálica de calentamiento a base de una resistencia eléctrica interna. El metal de la plancha es liviano (Aluminio) para facilitar su manipuleo y tiene una cubierta fina de Amianto para evitar la adhesión del material plástico.

2.2.- REFRENTADORA: Disco giratorio provisto de cuchillas que realiza la operación de arranque de viruta con la finalidad de uniformizar la superficie de las caras de la tubería a unir y lograr que el contacto entre ellas sea total.

2.3.- MECANISMO DE UNION: Sistema mecánico o hidráulica cuya función es poner en contacto y/o separar la tubería sucesivamente con el elemento calefactor, la refrendadora y los extremos de la tubería fundida.

En las máquinas modernas este mecanismo lo conforma un circuito Oleo-Hidráulico que acciona un cilindro de doble efecto al cual van adosadas unas mordazas móviles que acercan o separan las tuberías según el requerimiento, a la presión regulada.

III. PROCESO DE SOLDADURA DE TERMOFUSION PARA TUBERIAS DE HDPE

Este proceso consta básicamente de cinco pasos, previo a este proceso el técnico soldador deberá realizar una prueba de puesta en marcha, que consiste en realizar los pasos en mención con la supervisión del QC de la empresa contratante y el QA de la supervisión. De esta prueba se tomarán unas probetas las cuales deberán ser analizadas y contar con la aprobación respectiva.

Este proceso se llevará a cabo siempre y cuando las condiciones ambientales sean las apropiadas, es decir no halla tormenta eléctrica, lluvias o la temperatura del medio ambiente sea menor a 4°C, estas pueden ser mejoradas utilizando una carpa la cual mejore el ambiente para la realización de las pegas.

Los pasos para el proceso de soldadura son:

3.1.-Colocación de las tuberías: en la máquina de soldar asegurando un ajuste adecuado hasta que las tuberías estén perfectamente alineadas.

3.2.- Presentación: de los extremos, para verificar las siguientes condiciones:

- Perpendicularidad de las caras con el eje de las tuberías.
- Contacto de las caras de los extremos (debe ser total)
- Alineamiento (Tolerancia de desalineamiento para tubos KWH es 10% del mínimo espesor)

En este paso se debe ajustar la presión de arrastre, que es la fuerza necesaria para mover el tubo, montado en la máquina.

3.3.-Refrentado: Se coloca la refrentadora entre los dos extremos de las tuberías.

- Se unen a ella con ayuda del mecanismo de unión
- Se acciona la refrentadora, que debe arrancar el material necesario hasta lograr el contacto total entre las caras.
- Comprobada la condición anterior, se retira la refrentadora.

3.4.-Fusión y Unión de Extremos:

- Una vez que la plancha energizada haya alcanzado la temperatura recomendada (KWH 425°F +/- 25°F) se coloca esta entre los extremos.
- Se pone en contacto a las tuberías con la plancha a una presión determinada.
- Se calienta hasta formar un espesor de cordón suficiente en ambas tuberías (Ver cuadro en 6.4 a)
- Se separan las tuberías para retirar la plancha.
- Se juntan rápidamente, pero sin golpearlas violentamente, los extremos fundidos a la presión de fusión interfacial (50 PSI)

Después de retirada la plancha de calentamiento de ninguna manera se debe tener separada las caras más de 10 segundos.

3.5.- Enfriamiento:

- Se juntan las mordazas, se deja enfriar por el tiempo necesario hasta que el material alcance la temperatura ambiente. Este tiempo se puede estimar aproximadamente en 30 segundos por pulgada de diámetro de tubería.

Finalizado este paso, se aflojan las mordazas y se corren las tuberías, dejando el último extremo de la tubería a la altura de la máquina y colocando la siguiente, para reiniciar el ciclo.

De todos los pasos mencionados se consideran como fases del proceso sujetas de control a las siguientes:

- Refrentado
- Fusión de extremos
- Unión de extremos
- Enfriamiento.

IV. PARAMETROS DE LA SOLDADURA DE TERMOFUSION PARA TUBERIAS DE HDPE

- Temperatura superficial de plancha
- Presión de Refrentado
- Presión de Fusión
- Presión de unión
- Tiempo de enfriamiento

Los parámetros arriba enunciados no son fijos, varían de acuerdo al espesor de la tubería (SDR), al diámetro de la tubería y a la temperatura del medio.

Aunque existen algunas recomendaciones generales sobre algunos valores referenciales.

a) Temperatura Superficial. - El valor de la temperatura recomendada por la fabricante varía entre 400°F - 450°F. Valores cercanos al límite inferior, para tuberías de pequeño diámetro, por la facilidad de controlar el espesor del cordón, y valores cercanos al límite superior para tuberías de diámetros mayores, con el objeto de acelerar la fusión. (KWH indica 425°F +/- 25°F)



Para tubos KWH el fabricante recomienda:

DIAMETRO DEL TUBO REBORDE	ESPESOR APROXIMADO DEL
2”	1/16”
3” – 5”	1/8”
6” – 12”	3/16”
12” --22”	1 / 4” – 5/16”
24” – 63”	5/16” – 7/16”

b) Presión de Refrendado. - Fabricantes recomiendan que el valor de este parámetro este entre los valores de 50 - 85 psi.

c) Presión de Calentamiento. - Esta presión se mantiene ligeramente a cero PSI y se controla con la geometría del rodón que se va formando, conforme se calienta el material

d) Presión de Unión. - Los valores de presión son variables y dependientes del diámetro y espesor (SDR) de la tubería. Habiendo elaborado el fabricante tablas con algunos valores fruto de algunas pruebas con su material. Estos valores son solo referencias ya que se han observado variaciones notables de uno a otro fabricante.

PRESION EN MANOMETRO PARA LA FUSION INTERFACIAL (PM):

$$PM = \frac{(OD^2 - ID^2) \times \text{FIX} \times \text{Pi}}{4 \times AP} \quad \text{donde:}$$



PM: Presión en manómetro PSI

OD: Diámetro externo del tubo en Pulgadas

ID: Diámetro interno del tubo en Pulgadas

FI: Presión de Fusión Interfacial = 50 PSI para tubos KWH

Pi: Factor Pi = 3.1416

AP: Área del Pistón de la máquina de Termofusión en Pulgadas
cuadradas.

Ejemplo: Mc Elroy 28 Standard = 4.71 pulg²

Mc Elroy 618 Standard = 11.78 pulg²

AREA DE PISTON PARA MAQUINAS DE TERMOFUSION

MODELO	RAM SIZE (Pulg²)
# 28	4.71
# 412 STD	11.78
#412 HV	6.01
# 618 STD	11.78
# 618 HV	6.01
# 824 STD	29.44
# 824 HV	15.32
# 1236 STD	29.44
# 1236 HV	15.32
# 1648	31.42
# 2065	31.42

e) Tiempo de Enfriamiento. - Los fabricantes recomiendan como dato referencial práctico un tiempo de enfriamiento entre 25 a 30 minutos por pulgada de espesor de tubería.

Para trabajos a temperatura ambiente de 75°F (24°C), KWH recomienda lo siguiente:

ESPESOR (PULGADAS)	TIEMPO ENFRIAMIENTO (MINUTOS A 75°F)
Hasta 0.2”	5
0.2” a 0.4”	5 a 10
0.4” a 0.6”	10 a 15
0.6” a 0.8”	15 a 20
0.8” a 1.2”	20 a 30
1.2” a 1.6”	30 a 40
1.6” a 2.0”	40 a 50
2.0” a 2.4”	50 a 60
2.4” a 2.8”	60 a 70
2.8” a 3.2”	70 a 80

Luego del tiempo de enfriamiento en la máquina se recomienda 30 minutos de enfriamiento posterior, antes de someter a la junta a esfuerzos severos ya sea por maniobra o dobladura.

V. CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURA

El programa de control de calidad para asegurar la calidad se hará de una manera indirecta:

- Durante el proceso de soldadura de cada junta (Inspección Visual)
- Pruebas Destructivas muestrales
- Finalizado el proceso (Prueba Hidrostática o estanqueidad).

Para la realización de los trabajos de soldadura de tubería HDPE, se presentarán registros de calificación de desempeño de todo el personal involucrado en el desarrollo de uniones a través de fusión por calor, así como del QC y del técnico de termofusión.

El técnico de control de calidad (QC), para dar inicio a sus labores, deberá realizar una prueba de puesta en servicio a sus equipos de control de calidad.

5.1.-Control de calidad durante el Proceso

Inspección Visual.

5.1.1.-Debido a que la calidad de una soldadura HDPE dependa en gran medida de cómo se haya trabajado, en cada fase, dentro de los rangos apropiados de presión, temperatura y tiempo; se controlarán estos parámetros en el formato denominado ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA, donde deben reflejarse los valores recomendados.

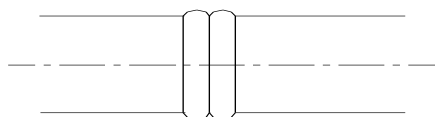
5.1.2.-La configuración de la junta nos indicará directamente la corrección de los parámetros asignados en el control anterior.

Se deberá tomar en cuenta los siguientes aspectos:

a.- Una mayor presión de lo recomendado, hará que el reborde se sobreponga a si mismo pudiendo resultar una fusión de baja calidad ya que el reborde será expulsado al diámetro exterior e interior de la fusión creando un “anillo frío” en la zona central de la fusión.

b.- Una menor presión de lo recomendado dará como resultado una fusión inadecuada debido a un contacto insuficiente en el área derretida.

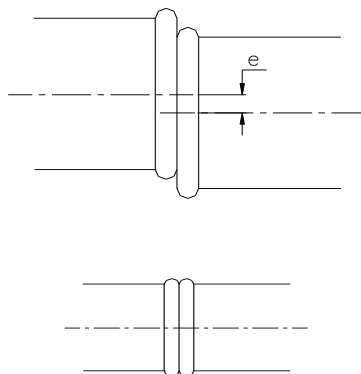
C.-El reborde formado debe ser uniforme en tamaño y forma todo el contorno de la junta.



Pautas de Ancho y Grueso del Reborde Fundido

Medida del Tubo	Ancho del Reborde	Grueso del Reborde
1 1/4” a 3”	Cerca de 1/16”	1/16” a 1/8”
3” a 6”	1/16” a 1/8”	1/8” a 3/16”
6” a 8”	1/8” a 3/16”	3/16”
8” y mas grande	3/16” a 1/4”	3/16” a 1/4”

5.1.3.-Un buen alineamiento es condición básica para que la tubería pueda soportar con normalidad esfuerzos de flexión en la zona de costura. La excentricidad no debe superar al 10% del espesor de la tubería



Nota Importante. -El control de estos detalles de conformación y montaje (puntos 1.2 al 1.3), se reflejarán en el formato VERIFICACION DE SOLDADURA DE JUNTA

5.2.- PRUEBAS DESTRUCTIVAS MUESTRALES

Estas Pruebas son realizadas según las especificaciones del cliente o especificaciones de la Norma ASTM D-2657 y las indicaciones del Fabricante de la Tubería.

Se harán las siguientes Pruebas:

5.2.1. PRUEBAS DE TRACCION: Se hará una junta de prueba por cada tipo y diámetro de tubería de la cual se retirarán tres tiras equidistantes en la periferia de la costura y con las siguientes dimensiones:

Largo igual 15 veces el espesor a cada lado de la costura y con un mínimo de 6”

Ancho igual a 1.5 veces el espesor y con un mínimo de 1”.

Estas tiras serán enviadas a un laboratorio competente para hacer el ensayo.

5.2.2. PRUEBA DE DOBLEZ: Esta prueba se hará con una frecuencia de cada 50 juntas de un mismo tipo y diámetro de tubo y/o cuando el Supervisor de Control de Aseguramiento (QA) o el Cliente lo solicite, y consistirá en lo siguiente:

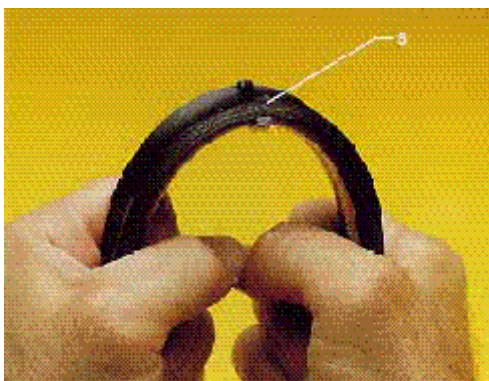
En una junta de Prueba se retirarán cuatro tiras equidistantes en la periferie de la costura y con las siguientes dimensiones:

Largo igual 15 veces el espesor a cada lado de la costura y con un mínimo de 6”

Ancho igual a 1.5 veces el espesor y con un mínimo de 1”.

Estas tiras serán dobladas a 180° teniendo en cuenta de hacer dos dobladuras por la parte externa de la tira y dos dobladuras por la parte interna. (como se muestra en la figura)

Después de los dobles las costuras no deben presentar poros, rajaduras y/o imperfecciones visibles.



Para ensayos de dobladura de muestras de tuberías con espesores mayores se utilizará una prensa.

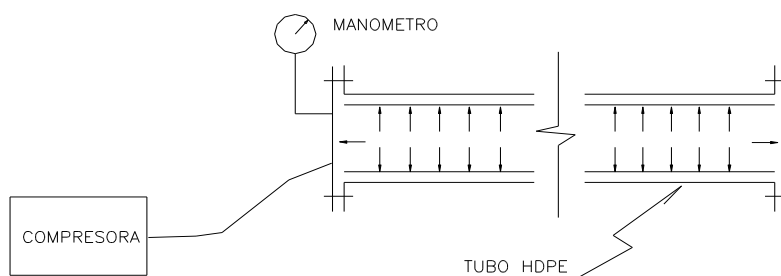
5.3.-CONTROL DE CALIDAD FINALIZADO EL PROCESO

5.3.1.-Pruebas Hidrostática: Se distinguen dos clases:

- De Hermeticidad
- De Sobrepresión

5.3.1.1.-P, H. de Hermeticidad:

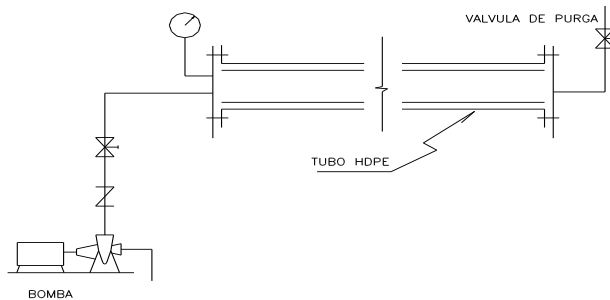
Consiste en someter la línea a una determinada presión neumática y verificar el mantenimiento de la presión. Si existiera algún descenso significativo, esto es signo de fugas, que no deben ser por ningún motivo a través de la costura.



5.3.1.2.-PH. De Sobrepresión:

Consiste en someter a la línea o a tramos de línea a presiones que superen la presión de operación por un determinado tiempo, normalmente se toman de 1 ½ a 2 veces la presión de operación por espacio de 15 a 20 minutos.

Esta prueba se puede realizar con ayuda de un compresor o una bomba, con un extremo cerrado y accionando la bomba o compresor a la presión indicada por el otro extremo se prueba la resistencia de uniones soldadas.



Nota importante. -El control de estas 2 pruebas se reflejará en el formato ESPECIFICACION PROCEDIMIENTO PRUEBAS HIDROSTATICAS.

5.4.- DEFINICION DE CODIGOS, NORMAS Y ESTANDARES DE TUBERIAS DE HDPE

5.4.1. - NORMA ASTM (AMERICAN STANDARD FOR TESTING MATERIALS)

ASTM F-714: Especificación estándar para denominación de tubos de Polietileno con SDR-PR, basados en el diámetro exterior.

ASTM D-1248: Especificación estándar para moldajes de Polietileno y materiales de extrusión.



ASTM D-3350: Especificación estándar para materiales de tuberías y accesorios de Polietileno.

ASTM D-3035: Especificación estándar para tubos de Polietileno con SDR-PR, basado en el control del diámetro exterior.

ASTM D-2657: Juntas por Termofusión de Tubos y Accesorios de Poliolefina

5.4.2 NORMA AWWA (AMERICAN WORK WATER ASSOCIATION) C906:
Especificación Estándar para la presión de tubos de HDPE para distribución de agua desde 4” hasta 63” de diámetro.

5.5.- FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD

5.5.01 Control de Juntas de Tubería de HDPE

5.5.02 Prueba de Tracción de Tubería de HDPE

5.5.03 Prueba de Doblado de Tubería de HDPE

5.5.04 Prueba Hidrostática

5.5.05 Registro de inspección visual de tubería HDPE