

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S P R O F E S I O N A L

**ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN
USANDO POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

JORGE LUIS MERINO SALAZAR

ASESORES:

MCs. Ing. JOSÉ MARCHENA ARAUJO

Máster Ing. HÉCTOR ALBARINO PÉREZ LOAYZA

CAJAMARCA - PERÚ

2014

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
GLOSARIO	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
CAPITULO I	
1 Introducción	01
1.1. Planteamiento del Problema	03
1.2. Formulación del Problema	05
1.3. Hipótesis de la Investigación	05
1.4. Justificación de la Investigación	05
1.5. Alcances de la Investigación	07
1.6. Limitaciones	07
1.7. Objetivo	07
CAPITULO II	
2 Marco Teórico	08
2.1 Antecedentes Teóricos	08
2.2 Bases teóricas	09
2.2.1. Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	10
2.2.2. Propiedades del Polietileno de alta densidad	10
2.2.3. Aseguramiento de calidad (QA)	19
2.2.4. Organización Internacional para la Estandarización (ISO)	22
2.2.5. Protocolo	22
2.2.6. Requisitos para los sistemas de calidad - ISO 9000:2000	24

2.2.7. Geomembrana	26
2.2.8. Clasificación de ensayos en campo y laboratorio	28
2.2.9. Costos de Calidad	40
<i>CAPITULO III</i>	
3. Materiales y métodos	47
3.1. Tipo de estudio	47
3.2. Localización	48
3.3. Población de estudio	50
3.4. Muestra	50
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
3.6. Análisis e interpretación de datos	54
<i>CAPITULO IV</i>	
4. Análisis y discusión de resultados	66
<i>CAPITULO V</i>	
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
5.1. CONCLUSIONES	68
5.2. RECOMENDACIONES	69
Referencias Bibliográficas	70
Anexos	
Panel fotográfico	

Agradecimiento

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron para culminar este trabajo de investigación.

El autor

A:

*A Dios por permitirme vivir para
cumplir mis sueños*

*A mi madre querida por todo su amor, y
paciencia, eres mi alegría de cada día,*

*A mi padre, que siempre estuvo a mi
lado en todo momento, eres mi
inspiración.*

*A mis hermanos, por su apoyo
incondicional.*

INDICE DE TABLAS

TABLAS	Pág.
Tabla N° 1. Propiedades físicas del Polietileno de alta densidad	11
Tabla N° 2. Propiedades químicas del Polietileno de alta densidad	13
Tabla N° 3. Propiedades mecánicas del Polietileno de alta densidad	15
Tabla N° 4. Propiedades térmicas del Polietileno de alta densidad	17
Tabla N° 5. Propiedades eléctricas del Polietileno de alta densidad	19
Tabla N° 6. Etapas y Finalidad del Control, Aseguramiento de la Calidad	21
Tabla N° 7. Propiedades de Geomembranas Lisas	27
Tabla N° 8. Prueba de Vacío	34
Tabla N° 9. Prueba de Chispa Eléctrica	36
Tabla N° 10. Rango de presiones a usar de acuerdo al espesor del material	38
Tabla N° 11. Prueba de Aire	39
Tabla N° 12. Componentes de los Costos de Calidad	42
Tabla N° 13. Ubicación geográfica	48
Tabla N° 14. Protocolos de Calidad	61
Tabla N° 15. Gastos Generales de un Control de Calidad	74
Tabla N° 16. Costos Generados por fallas sin contar Control de Calidad	75
Tabla N° 17. Costos Generados por fallas con Control de Calidad	76

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Pág.
Figura 1. Polietileno de Alta Densidad (HDPE)	10
Figura 2. Estructura de documentación de sistema de calidad	25
Figura 3. Esquema de la prueba de vacío	34
Figura 4. Esquema de la prueba de Chispa Eléctrica	36
Figura. 5. Esquema de la Prueba de Aire	37
Figura 6. Gráfica de Costos de Calidad	42
Figura 7. Costo directo de la Calidad en un periodo de tiempo cualquier	45
Figura 8. Efecto de la modificación de los costes controlables de calidad	45
Figura 9. Efecto de la modificación de los costes controlables de calidad	49
Figura 10. Flujograma: etapas del aseguramiento de la calidad	52
Figura 11. Flujograma: etapas del aseguramiento de la calidad	53
Figura 12. Costo de Prevención	77
Figura 13. Costo de Evaluación	78
Figura 14. Costo por Fallas Internas	79
Figura 15. Costo por Fallas Externas	79

GLOSARIO

Calibración de Equipos: Se contará dentro del Dossier, con los Certificados de Calidad de la calibración de equipos de medición utilizados en las pruebas de control de calidad: tensiómetros, manómetros, vacuómetros; estarán garantizados por los certificados de calibración emitidos por la empresa suministradora, así como también por certificados emitidos por las Universidades prestigiosas u otra institución reconocida.

Concepto de Calidad: Las definiciones de calidad, han sufrido un proceso evolutivo que va, desde aspectos puramente cuantitativos relacionados con la calidad técnica de un producto a través de procesos de manufactura, hasta un enfoque acorde a las necesidades del usuario que satisfagan los requerimientos del cliente.

Control de calidad (QC): La primera etapa se caracteriza por la realización de inspecciones y ensayos para comprobar si una determinada materia prima, un semielaborado o un producto terminado, cumple con las especificaciones establecidas previamente.

Dossier de calidad: A la culminación de cada proyecto se debe tener expedito este archivo de calidad. Contiene, detalladamente, todos los protocolos de pruebas e inspecciones/aprobaciones realizadas en los materiales usados, productos fabricados, así como con otros requerimientos especificados por el cliente o sus representantes (certificaciones de equipos de soldadura y prueba, procedimientos oficialmente aceptados, entre otros). Este archivo debe ser completo, ordenado y, de preferencia, con documentación original. El ordenamiento debe ejecutarse en base a un índice especificado en la gestión documentaria del Manual de Calidad del cliente.

Durante el proceso de Instalación: Las técnicas para la inspección de control de calidad por parte del Control de Aseguramiento y/o Control de Calidad QA/QC, durante la instalación tiene como objetivo principal la calidad en el despliegue y soldado de los geosintéticos. La soldadura es realizada por técnicos de amplia experiencia, entrenados en el uso de equipos y técnicas de soldado debiendo ser precalificados diariamente. Todas las costuras o juntas son inspeccionadas.

Equipos de Soldadura: El Control de Calidad (QC) y/o de Aseguramiento (QA), contará con los certificados de calidad correspondiente autorizadas por el proveedor o una entidad ajena para calificar el equipo y material, asimismo, estos equipos por transmitir calor y generar el material en forma de extruido contarán con un control de temperatura para asegurar apropiadamente la medida de la temperatura de soldado.

Poliamidas: Se designan con las siglas PA. La poliamida más conocida es el NYLON (NAILON)

Polietileno de alta densidad (HDPE) : El HDPE está definido por una densidad mayor o igual a $0,941 \text{ g/cm}^3$. El HDPE tiene un bajo grado de ramificación y por lo tanto fuertes fuerzas intermoleculares y resistencia a la tracción. El HDPE puede ser producido por catalizadores cromo/silica, catalizadores de Ziegler-Natta o catalizadores de metalloceno.

Polietileno de baja densidad (LDPE): El LDPE se define por un intervalo de densidad de $0,910\text{-}0,940 \text{ g/cm}^3$. El LDPE tiene un alto grado de ramificaciones en la cadena polimérica, lo que significa que las cadenas no se empaquetan muy bien en la estructura cristalina.

Polietileno de media densidad (MDPE): El MDPE está definido por un intervalo de densidad de 0,926-0,940 g/cm³. Puede ser producido por los catalizadores de cromo/silica, catalizadores de Ziegler-Natta o catalizadores de metaloceno.

Polietileno de muy baja densidad (VLDPE): El VLDPE está definido por un intervalo de densidad de 0,880-0,915 g/cm³. El VLDPE es un polímero sustancialmente lineal con altos niveles de cadena corta ramificada, comúnmente realizados por copolimerización de etileno con alfa-olefinas de cadena corta (por ejemplo, 1-buteno, 1-hexeno y 1-octeno).

Polipropileno es tenaz y ligero, suelda fácilmente con pegamento termofusible y puede doblarse.

Prueba de Cuchara: La prueba de la Cuchara o Pick Test, será ejecutada con una cuchara y/o cualquier herramienta sin filo con el borde redondeado, ubicándolo en el 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.

PVC o cloruro de polivinilo: permite hacer productos muy resistentes e inalterables; se presenta en forma rígida o flexible.

Soldadura por Extrusión: Se extruye una cinta de polímero derretido en el borde de una de las hojas o entre las dos hojas. Este método es aplicable solamente a membranas de polietileno y polipropileno.

Soldadura por Fusión: Se derriten porciones de los dos paneles superpuestos usando borde metálico o aire caliente. La fusión generalmente se efectúa a lo largo de dos carriles adyacentes y paralelos, dejando un pequeño canal medio, el cual sirve para efectuar pruebas de la estanqueidad del empalme. Este método es aplicable a todo tipo de geomembrana y es el más usado.

RESUMEN

La presente tesis fue realizada en las instalaciones de Minera Yanacocha - Cajamarca, durante la construcción de la Poza Cajamarquina, el objetivo de esta investigación fue verificar el grado de cumplimiento de los parámetros del Aseguramiento de la Calidad en la Construcción, usando Polietileno de Alta Densidad (HDPE), bajo los parámetros de la norma ISO 9001:2000. De acuerdo a las características de la investigación, los ensayos y la recopilación de datos, se realizaron durante la construcción de la poza, observando lo estipulado en la Norma ASTM; para la colocación de la geomembrana de polietileno, consistentes en doce protocolos: croquis para área de entrega, registro de recepción y almacenamiento de geomembrana, inspección visual en campo, despliegue de geomembrana, prueba inicial de soldadura por fusión en geomembrana, prueba inicial de soldadura por extrusión en geomembrana, uniones por fusión, soldadura por fusión, soldadura de extrusión, ensayos destructivos por fusión, ensayos destructivos por extrusión, aceptación de panel y unión de geomembrana. Del análisis de resultados se concluye que la utilización de estos protocolos, permiten verificar el cumplimiento de los parámetros del Aseguramiento de la Calidad en la Construcción usando polietileno de alta densidad, de acuerdo a Estándares de la Calidad y bajo los parámetros de la ISO 9001:2000.

Palabras claves: poza, aseguramiento de la Calidad, polietileno, dossier de calidad, geomembrana.

ABSTRACT

This thesis was conducted at the premises of Minera Yanacocha - Cajamarca, during the construction of the Poza Cajamarca; the objective of this research was to determine the degree of compliance with the parameters of Quality Assurance in Construction using High Density Polyethylene (HDPE), under the parameters of ISO 9001: 2000. According to the characteristics of research, testing and data collection were performed during the construction of the pool, watching the provisions of ASTM; for laying polyethylene geomembrane, consisting of twelve protocols: sketch to delivery area, register receipt and storage of geomembrane, visual field inspection, deployment geomembrane initial testing in fusion welding geomembrane initial welding test extrusion geomembrane, fusion joints, welding, welding extrusion, melt-destructive testing, destructive testing, extrusion and binding acceptance of geomembrane panel. From the analysis of results it is concluded that the use of these protocols allow verifying compliance with the parameters of Quality Assurance in Construction using high density polyethylene, according to Quality Standards and meeting the specifications of ISO 9001: 2000.

Words key: Poza, Quality Assurance, Polyethylene, Dossier Quality, Geomembrane.

CAPÍTULO I

1. Introducción

En la opción por una mejor calidad de vida, la calidad con que hoy se construye es una decisión respecto de la calidad de vida que se desea para el futuro, por lo que el presente trabajo de investigación determinó protocolos de acuerdo al ensayo exigido bajo parámetros que requiere la norma ISO 9001:2000, garantizando un adecuado Aseguramiento de la Calidad en la Construcción usando el Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

El término calidad total, aplicado inicialmente en el mundo empresarial, poco a poco se ha introducido en diferentes entidades privadas, evidenciando que el sector público no puede estar al margen de las aspiraciones de mayor bienestar sino que, mediante la mejora de la calidad, plantee su desarrollo por lo que las tendencias mundiales, exigen a las instituciones privadas a establecer un sistema de Aseguramiento de Calidad en la Construcción y de una mejora continua a fin de aspirar alcanzar estándares internacionales. En algunas entidades públicas y privadas, no existe normativa, ni mecanismos técnicos que permitan asumir de forma sistemática una evaluación y mejora continua de la calidad en la construcción usando el Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

Y la pregunta específica es: ¿Cuál es el grado de cumplimiento de los parámetros de Aseguramiento de la Calidad en la construcción, utilizando Polietileno de Alta Densidad (HDPE)?

La hipótesis es la siguiente: H: La construcción de la poza utilizando Polietileno de Alta Densidad (HDPE), cumple con los parámetros del Aseguramiento de la Calidad.

La investigación se justificó, por la evidencia empírica de que en los últimos 10 años se evidencia una mejor opción de calidad de vida, la calidad de la construcción juega un papel determinante para el futuro, lo que hoy se construye persistirá en el tiempo y es una decisión respecto de la calidad de vida que se desea para el futuro.

La importancia del presente trabajo de investigación, radica que en los últimos 10 años se evidencia una mejor opción de calidad de vida, la calidad de la construcción juega un papel determinante para el futuro, lo que hoy se construye persistirá en el tiempo y es una decisión respecto de la calidad de vida que se desea para el futuro. Por ende el Ministerio de Vivienda y Urbanismo ha emprendido un conjunto de medidas dirigidas a mejorar la calidad en el contexto del reforzamiento de la calidad de construcción en todo el país, aplicando Planes de Aseguramiento de la Calidad (PAC), orientados fundamentalmente a instalar una serie de procedimientos técnicos y administrativos bajo la operatoria de la nueva política habitacional.

La presente tesis de investigación, pretende ser un aporte de las experiencias ejecutadas en el trabajo de campo realizado en la construcción de obras utilizando Polietileno de Alta Densidad (HDPE), cuyos resultados servirán a los estudiantes de la Universidad Nacional de Cajamarca dedicados a estudios de Aseguramiento y/o Control de Calidad en la construcción.

Así también, deberá de servir como una herramienta de Gestión a los profesionales, impulsando la mejora continua en diversos proyectos que se encuentren a su cargo con la finalidad de convertirse en un profesional competitivo y de alta calidad, siendo capaces de supervisar, orientar y gestionar en forma correcta los diferentes procedimientos, usos de normas y herramientas de gestión.

Todos estos conocimientos referidos anteriormente y explicados llevaron a elaborar el presente trabajo, que estará orientado a todos los profesionales

que se encuentren inmersos en el tema de Aseguramiento de la Calidad en la Construcción usando Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

El objetivo de estudio fue determinar la calidad en la construcción de una poza revestida con geomembrana, utilizando Polietileno de Alta Densidad (HDPE), en comparación con los parámetros de la norma ISO 9001:2000.

La investigación es de tipo *cualitativa* y *descriptiva* porque a partir de la problemática se consideran conceptos para realizar protocolos que serán parte del Dossier de Calidad, estas secuencias del proyecto va a detallarse paso a paso, originando protocolos de acuerdo al ensayo solicitado y bajo parámetros que requiere la norma ISO 9001:2000, garantizando un adecuado Aseguramiento de la Calidad en la Construcción usando el Polietileno de Alta Densidad (HDPE), y se cumplan con los estándares y la calidad solicitados por el Cliente.

El presente trabajo de investigación contiene cinco Capítulos de los cuales: *Primer Capítulo*, corresponde a la introducción, planteamiento del Problema, formulación del problema, hipótesis de la investigación, justificación de la investigación, alcances o delimitación de la investigación, limitaciones y objetivos; *Segundo Capítulo*, comprende marco teórico: Antecedentes teóricos, bases teóricas, características locales, definición de algunos términos básicos que le dan sustento a la investigación; el *Tercer Capítulo*, concierne a los materiales y métodos describe los resultados de la información obtenida; el *Cuarto Capítulo*, análisis y discusión de resultados; el *Quinto Capítulo*, incluye conclusiones y recomendaciones; finalmente se muestra la lista de referencias bibliográficas consultadas y panel fotográfico.

1.1. Planteamiento del Problema

La política de calidad impulsada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), establece un marco de mayores exigencias a la acción de los servicios de vivienda y urbanismo (SERVIU), a partir del año 2004, en el contexto del reforzamiento de la calidad en todo el

país se dio inicio a la aplicación de los Planes de Aseguramiento de la Calidad (PAC), orientados fundamentalmente a instalar una serie de procedimientos técnicos y administrativos cuyo objetivo final es asegurar o mejorar la calidad de construcción bajo la operatoria de la nueva política habitacional (Rubén 2003).

El término calidad total, aplicado inicialmente en el mundo empresarial, poco a poco se ha introducido en diferentes entidades privadas, evidenciando que el sector público no puede estar al margen de las aspiraciones de mayor bienestar sino que, mediante la mejora de la calidad, plantea su desarrollo por lo que las tendencias mundiales, exigen a las instituciones privadas a establecer un sistema de Aseguramiento de Calidad en la Construcción y de una mejora continua a fin de aspirar alcanzar estándares internacionales. En algunas entidades públicas y privadas, no existe normativa, ni mecanismos técnicos que permitan asumir de forma sistemática una evaluación y mejora continua de la calidad en la construcción usando el Polietileno de Alta Densidad (HDPE) (Rubén 2003).

Actualmente, se habla del Aseguramiento de Calidad en la Construcción en el ámbito privado, sobre todo en sectores de construcción y minería, sin embargo muchas empresas no cuentan con los documentos necesarios (Dossier de Calidad) para auditar después de entregado el proyecto para su posterior verificación, por lo que no se conoce con precisión del Aseguramiento de Calidad en la Construcción del referido proyecto. Dentro del marco de registro de información de Aseguramiento de Calidad en la Construcción, Minera Yanacocha, construyó una poza designada como “*La Poza Cajamarquina*” situada dentro de las instalaciones de Minera Yanacocha, aguas abajo del tajo Yanamarca a 35 Kilómetros al Norte de la ciudad de Cajamarca.

En este contexto, la presente investigación tuvo como fin elaborar protocolos que se requieren para los ensayos a la Geomembrana de acuerdo a la norma establecida, los cuales estarán dentro del Dossier de Calidad para realizar un adecuado sistema de Aseguramiento de calidad en la construcción usando Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

1.2. Formulación del Problema

Y la pregunta específica es:

¿Cuál es el grado de cumplimiento de los parámetros de Aseguramiento de la Calidad en la construcción, utilizando Polietileno de Alta Densidad (HDPE)?

1.3. Hipótesis de la Investigación

H: La construcción de la poza utilizando Polietileno de Alta Densidad (HDPE), cumple con los parámetros del Aseguramiento de la Calidad.

1.4. Justificación de la Investigación

La importancia del presente trabajo de investigación, radica que en los últimos 10 años se evidencia una mejor opción de calidad de vida, la calidad de la construcción juega un papel determinante para el futuro, lo que hoy se construye persistirá en el tiempo y es una decisión respecto de la calidad de vida que se desea para el futuro. Por ende el Ministerio de Vivienda y Urbanismo ha emprendido un conjunto de medidas dirigidas a mejorar la calidad en el contexto del reforzamiento de la calidad de construcción en todo el país, aplicando Planes de Aseguramiento de la Calidad (PAC), orientados fundamentalmente a instalar una serie de procedimientos técnicos y administrativos bajo la operatoria de la nueva política habitacional.

Los resultados permitieron determinar protocolos de acuerdo al ensayo exigido bajo parámetros que requiere la norma ISO 9001:2000, garantizando un adecuado Aseguramiento de la Calidad en la Construcción usando el Polietileno de Alta Densidad (HDPE) cumpliendo con los estándares y calidad requerida por el Cliente.

Además, los aportes del presente estudio servirán de guía para otros investigadores interesados en el tema como profesionales dedicados al Aseguramiento y/o Control de Calidad, en las diferentes empresas que estén relacionados en la construcción de Pozas, Pads, Pilas de Lixiviación, inmersos al uso de Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

Así también la presente tesis de investigación, pretende ser un aporte de las experiencias ejecutadas en el trabajo de campo realizado en la construcción de obras utilizando Polietileno de Alta Densidad (HDPE), cuyos resultados servirán a los estudiantes de la Universidad Nacional de Cajamarca dedicados a estudios de Aseguramiento y/o Control de Calidad en la construcción.

Igualmente, deberá de servir como una *herramienta de Gestión* a los profesionales, impulsando la mejora continua en diversos proyectos que se encuentren a su cargo con la finalidad de convertirse en un profesional competitivo y de alta calidad, siendo capaces de supervisar, orientar y gestionar en forma correcta los diferentes procedimientos, usos de normas y herramientas de gestión.

Todos estos conocimientos referidos anteriormente y explicados llevan a elaborar el presente trabajo, que estará orientado a todos los profesionales que se encuentren inmersos en el tema de Aseguramiento de la Calidad en la Construcción usando Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

1.5. Alcances o delimitación de la investigación

La presente tesis de investigación, sirve como aporte específico para alcanzar el Aseguramiento de la Calidad en la Construcción usando Polietileno de Alta calidad (HDPE).

1.6. Limitaciones

La presente tesis de investigación, pretende mejorar el reforzamiento de la calidad de construcción, aplicando Planes de Aseguramiento de Calidad (PAC), además de ser un aporte de experiencias ejecutadas en el trabajo de campo utilizando Polietileno de Alta Densidad (HDPE). En la región de Cajamarca, no existe instituciones que capaciten a profesionales en Aseguramiento de Calidad en la Construcción usando Polietileno de Alta Densidad (HDPE), además en la Universidad Nacional de Cajamarca, no se cuenta con laboratorios especializados para realizar este tipo de pruebas al Polietileno de Alta Densidad (HDPE), menos se brinda servicios a empresas mineras para dar conformidad al trabajo que se viene realizando.

Con la elaboración de este trabajo de investigación se elaboró protocolos para el uso de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) y se incluyó dentro del Dossier de Calidad en la construcción de obras mediante el uso de Geomembranas; con lo que se beneficiarán profesionales que se encuentren inmersos en el tema de Aseguramiento de la Calidad en la Construcción usando Polietileno de Alta Densidad (HDPE), garantizando que se cumpla con las normas nacionales e internacionales bajo los parámetros ISO 9001:2000.

1.7. Objetivo

Objetivo General

- Verificar el grado de cumplimiento de los parámetros del Aseguramiento de la Calidad en la Construcción usando Polietileno de Alta Densidad (HDPE).

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1. Antecedentes teóricos

En la Tesis Doctoral, “Análisis Global en la construcción con Polietileno de Alta Densidad con propósitos de impermeabilización”, de la Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales, ha estudiado la influencia directa que la velocidad de inyección provoca aspectos relacionados para revestimientos en geomembrana durante una construcción, utilizando polietileno de alta densidad, encontrándose que la geomembrana de HDPE ha sido la opción más eficiente en soluciones de revestimiento como elemento impermeable para la contención de líquidos o fluidos por su versatilidad y sus propiedades químicas y físicas, así como también para normativas de impacto ambiental que en los últimos años se ha creado para regular el uso de manejo de los recursos naturales (Grima y Tort 1995).

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

En la Pontificia Universidad Católica del Perú, en la Tesis Profesional Titulada “*Sistemas de Aseguramiento de la Calidad en la Construcción*”, concluye que la construcción, por su influencia en los diferentes sectores que se sitúan a su alrededor y por el volumen de negocio que mueve, es uno de los sectores

que más contribuye y necesita de la implantación de sistemas de gestión (Alfaro 2008).

En la biblioteca de la Municipalidad Distrital de Cajamarca habiendo realizado una investigación exhaustiva, así como también en las Universidades de la Región, específicamente en la Universidad Nacional de Cajamarca; no se encuentra ningún trabajo de investigación relacionada con el Aseguramiento de la calidad en la Construcción usando Polietileno de Alta Densidad (HDPE), constituyéndose la presente Tesis como el primer trabajo de esta naturaleza.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Polietileno de Alta Densidad (HDPE): El polietileno de alta densidad es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos (como el polipropileno), o de los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) o PEAD (polietileno de alta densidad), es más rígido y resistente mecánicamente.

El Polietileno de alta densidad, es un polímero con estructura lineal y muy pocas ramificaciones. Se obtiene por polimerización del etileno a presiones relativamente bajas utilizando catalizadores Ziegler-Natta o Proceso Phillips, aunque existe un tercero utilizado; los catalizadores Metallocenos, utilizados únicamente para obtener Polietileno de ultra alta masa molecular (Leiro y Blanco 1990).

El proceso de polimerización del polietileno de alta densidad se lleva a cabo a baja presión y con catalizadores en suspensión. Se obtiene así un polímero muy cristalino, de cadena lineal muy poco ramificada, la ausencia de la ramificación produce una estructura compacta con una densidad más alta y una resistencia química un poco más alta que el PEBD (Leiro y Blanco 2001).

La presión en la fabricación del HDPE está por debajo de 14 MPa, en muchos casos, hasta por debajo de 7 MPa. Hay tres procesos comerciales importantes usados en la polimerización del HDPE: los procesos en disolución, en suspensión y en masa. Los catalizadores usados en la fabricación del HDPE, por lo general, son o del tipo óxido de un metal de transición o del tipo Ziegler - Nattalas. Las resinas de HDPE funcionarían adecuadamente, aun si se hacen mediante diferentes procesos (Leiro y Blanco 2002).

Su fórmula química se representa:

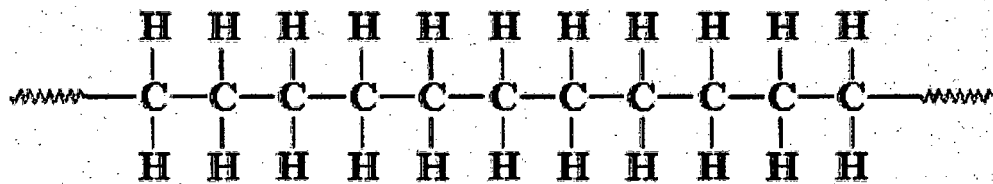


Figura 1. Polietileno de Alta Densidad (HDPE) (Leiro y Blanco 2002).

2.2.2. Propiedades generales del Polietileno de alta densidad

Las propiedades del Polietileno de alta densidad como las de cualquier otro polímero dependen fundamentalmente de su estructura, es decir básicamente de su: Peso molecular y Cristalinidad.

a. Propiedades físicas

El Polietileno de alta densidad tiene una densidad como se observa en la tabla siguiente de 0.941 – 0.965 g/cm³; presenta un alto grado de cristalinidad, siendo así un material opaco y de aspecto ceroso: la transmitancia de este plástico es de cero a cuarenta por ciento, dependiendo del espesor (Leiro y Blanco 2001).

Tabla 1. Principales propiedades físicas del Polietileno de alta densidad.

Propiedades	Unidades	Valor
Densidad	g/cm ³	0.941 – 0.965
Absorción de Agua	mg a 96 h	<0.5
Contracción	%	1.5 – 3
Resistencia a la tensión al Cede	N/mm ²	18 – 35
Elongación Punto de Ruptura	%	1000
Resistencia al impacto Ranurado ¹		
A 20 C	KJ/m	No rompe –6
A –20 C	KJ/m	>5
Temperatura de Defección		
1.86 N/mm ²	C°	50
0.45 N/mm ²	C°	75
Resistencia Dieléctrica	KV/cm	>600

Fuente: (Leiro y Blanco 2001).

Existen pruebas de permeabilidad a gases del Polietileno de alta densidad, donde depende del espesor de la muestra, de la densidad, y de la temperatura durante la medición. En el Polietileno de alta densidad a mayor densidad, menor permeabilidad, debido a su naturaleza no-polar, absorbe muy poca humedad y tiene alta cualidad de barrera a vapor de esta sustancia (Leiro y Blanco 2001).

El Polietileno de alta densidad tiene elevada permeabilidad a ciertas sustancias en que es soluble a elevadas temperaturas, como son los solventes alifáticos, aromáticos y clorados (Leiro y Blanco 2001).

También presenta cierta permeabilidad a los aceites y grasas, en particular a la esencia de pino, naranja, hierbabuena y alcanfor. En botellas, estas sustancias inducen una ligera suavización en el largo plazo y la posibilidad de fisuras bajo tensión, especialmente en el tipo homopolímero (Leiro y Blanco 2001).

b. Propiedades químicas

La resistencia química de los polímeros a los reactivos inorgánicos tales como ácidos y álcalis es muy elevada. Sin embargo son vulnerables por algunos disolventes orgánicos, sobre todo si tienen similitud química con las unidades estructurales que lo forman. El ataque supone ablandamiento, hinchamiento, llegando a su disolución final. Los polímeros cristalinos presentan mayor resistencia a estos compuestos que los materiales amorfos de la misma composición química, como consecuencia del empaquetamiento entre cadenas que dificulta la penetración del disolvente u otros reactivos (Mentzer 2005).

La estructura no-polar del Polietileno de alta densidad permite que mantenga alta resistencia al ataque de agentes químicos. En general, esta resistencia mejora con el aumento de la densidad y el peso molecular.

La forma de medir este comportamiento es considerando ciertos cambios en las muestras al contacto con la sustancia en prueba; estos cambios son hinchamiento, pérdida de peso o de elongación a la ruptura.

Este plástico soporta muy bien a ácidos fuertes (no oxidantes) y bases fuertes. En niveles superiores a 60 °C, el material resiste muchos solventes, excepto hidrocarburos aromáticos y halogenados, aceites, grasas y ceras que inducen hinchamiento, mismo que es menor con los solventes alifáticos (Mentzer 2005).

El Polietileno de alta densidad es parcial o totalmente soluble en ciertos casos extremos, por ejemplo en benceno o xileno a punto de ebullición. Los halógenos y las sustancias altamente oxidantes atacan a este plástico, por ejemplo ácidos inorgánicos concentrados como ácido nítrico, sulfúrico, perclórico, etc (Mentzer 2005).

El cambio en las cualidades de ese plástico debido a los compuestos referidos y en general, a cualquier sustancia depende de varios factores:

concentración, tiempo de exposición, peso molecular, tensiones residuales de la transformación o inducidas mecánicamente, principalmente. Las principales propiedades químicas del Polietileno de alta densidad se describen en la tabla de la página siguiente:

Tabla 2. Principales propiedades químicas del Polietileno de alta densidad

Reactivo	Resistencia
Ácidos – concentrados	Buena
Ácidos – diluidos	Buena
Alcalis	Buena
Alcoholes	Buena
Cetonas	Buena
Grasas y Aceites	Aceptable
Halógenos	Mala
Hidrocarburos Aromáticos	Aceptable-Buena

Fuente: (Mentzer 2005).

c. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de un material se refieren a su capacidad para soportar fuerzas, el modo como se deforman y ceden ante dichas fuerzas.

Las propiedades mecánicas del Polietileno de alta densidad dependen de su estructura, que comprende lo que es la distribución del peso molecular, el peso molecular y la cristalinidad. Pero también depende de factores externos como lo son la temperatura, entorno químico y el tiempo, entendido este último como medida de la rapidez con que se aplican fuerzas, así como de la duración de estas (Mentzer 2005).

La rigidez, dureza y resistencia a la tensión del Polietileno de alta densidad se incrementa con la densidad, ya que si esta aumenta es un indicador de que el material es más cristalino, y por lo tanto será más resistente ante la misma magnitud de fuerza aplicada que un espécimen de menor densidad.

Así también al aumentar el peso molecular hasta cierto "punto" las propiedades mecánicas mejoran. Pesos moleculares inferiores a dicho punto suelen no ser tan útiles. Rebasado este punto, la resistencia mecánica suele seguir mejorando, pero ya más gradualmente, a medida que aumenta el peso molecular. Debido a ello se supone que lo mejor es aumentar el peso molecular para mejorar las propiedades mecánicas, sin embargo el proceso de fabricación se hace a partir del polímero fundido, y la viscosidad del fundido crece exponencialmente con el peso molecular, por lo que, pesos moleculares muy elevados requieren mayores esfuerzos y más alto consumo de energía en la fabricación de piezas (Mentzer 2005).

Por lo tanto se debe de llegar a un punto de equilibrio entre la factibilidad en el proceso y la resistencia que se desea del material.

Dicho punto de equilibrio se obtiene industrialmente ya que es bastante flexible. Como ejemplo se puede mencionar el Polietileno de ultra alta masa molecular, que tiene el peso molecular más alto alcanzable, pero su costo también es elevado (Mentzer 2005).

El Polietileno de alta densidad es muy tenaz, de esta manera demuestra alta resistencia a los impactos aun a bajas temperaturas, pues es capaz de absorber parte de la energía proveniente de los impactos mediante deformaciones. Esto lo logra gracias a las zonas amorfas del polímero ya que dichas deformaciones se traducen en cambio de conformación del material (Mentzer 2005).

Tabla 3. Principales propiedades mecánicas del Polietileno de alta densidad.

Propiedades	Unidades	Valor
Coefficiente de Fricción		0,29
Dureza – Rockwell		D60-73 – Shore
Módulo de Tracción	(GPa)	0,5-1,2
Relación de Poisson		0,46
Resistencia a la Tracción	(MPa)	15-40
Resistencia al Impacto Izod	(J m ⁻¹)	20-210

Fuente: (Mentzer 2005).

Existen muchas pruebas aplicadas para medir las propiedades mecánicas del Polietileno de alta densidad, las cuales sirven para realizar gráficas, como las de Tensión – Deformación. También existen graficas de Influencia de la temperatura, peso molecular y cristalinidad del Polietileno de alta densidad (Mentzer 2005).

d. Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas de los polímeros dependen en mayor grado de su estructura de lo que dependen las propiedades mecánicas. El comportamiento es distinto si se trata de un polímero amorfo, cristalino o semicristalino. Si el polímero es amorfo tiene asociado un parámetro que recibe el nombre de Temperatura de transición vítrea Tg, la cual es la temperatura a la que un polímero pasa de ser un material rígido a otro de características viscosas (López 2012).

Cuando el polímero es cristalino, ya entra en juego en su comportamiento las fuerzas secundarias entre cadenas, es decir el grado de cristalinidad. Así también tiene relacionada la Temperatura de fusión Tm, la cual es la temperatura en donde el polímero pasa de ser un sólido ordenado a un líquido viscoso desordenado, ya que por efecto de la temperatura las cadenas adquieren movilidad (López 2012).

En el caso del Polietileno de alta densidad que es un polímero semicristalino puede tener un comportamiento combinado, haciéndose algo viscoso al llegar a su T_g , y fundiendo luego al llegar a su T_m . Sabiéndose que la temperatura de fusión T_m siempre es mayor que la de transición vítrea T_g (López 2012).

Existe también lo que es la temperatura de reblandecimiento la cual ocurre a temperaturas comprendidas entre T_g y T_m del polímero. Esta temperatura no es una propiedad termodinámica bien definida, pero es un dato muy útil, porque informa acerca del comportamiento y posibles usos del polímero en todo lo que se relacione con su flexibilidad, dureza, resistencia etc.

También orienta acerca de las temperaturas que son adecuadas para el procesado en caliente y acerca de la estabilidad del producto ya formado. El cálculo para la determinación de la temperatura de reblandecimiento depende de la técnica y el procedimiento seguido para determinarla. Por ello, el dato de temperatura de reblandecimiento debe ir acompañado de información acerca de las condiciones en que se ha obtenido.

El Polietileno de alta densidad muestra un punto de fusión entre 130 y 136 °C, mientras que su temperatura de transición es de 25 °C bajo cero. El calor específico del Polietileno de alta densidad es de los mayores entre los termoplásticos y es altamente dependiente de la temperatura; conforme este se aproxima a la fusión de los cristales, el calor específico aumenta notoriamente, mostrando un máximo. Este fenómeno aumenta conforme cambia la densidad, además de que la temperatura de fusión también es mayor (López 2012).

La temperatura máxima de servicio depende de la duración y la magnitud del esfuerzo mecánico presente durante el calentamiento: en pruebas sin carga mecánica en períodos cortos, la temperatura máxima es de 90 a 120 °C, en período mayor este valor desciende a intervalos entre 70 y 80 °C (López 2012).

La densidad tiene cierta variación decreciente con un ascenso de la temperatura, este comportamiento es responsable en algunas ocasiones del incontrolable encogimiento en piezas moldeadas de grandes dimensiones. El encogimiento de los productos moldeados con Polietileno de alta densidad es aproximadamente de 1.5 – 4% y sucede principalmente en la fase de cristalización del polímero. Este fenómeno depende de las variables de transformación, pero también de las características moleculares del plástico:

Peso molecular y Distribución del peso molecular.

Tabla 4. Principales propiedades térmicas del Polietileno de alta densidad

Propiedades	Unidades	Valor
Calor Específico	($\text{kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	1.9
Conductividad Térmica	a 23 °C ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)	0.45-0.52
Dilatación Térmica	($\times 10^{-5} \text{K}^{-1}$)	100-200
Temperatura Máxima de Utilización	(°C)	55-120
Temperatura de Deflexión en Caliente – 0.45Mpa	(°C)	75

Fuente: (López 2012).

e. Propiedades eléctricas

El Polietileno de alta densidad consiste en largas cadenas unidas entre sí con enlace de tipo covalente y por ello es un excelente aislante eléctrico, es decir un material no conductor de la electricidad. Aunque tiene el inconveniente de almacenar cargas eléctricas estáticas, induciendo la aparición de “micro” arcos eléctricos que atraen el polvo y pueden provocar descargas. Estas cargas se almacenan por fricción, durante el uso, pero también se generan durante los procesos de fabricación (López 2012).

Para evitar estos efectos, es posible agregar algunos agentes antiestáticos al Polímero como amidas, etoxi-amidas, ésteres, glicerol, y otros, que migran a la superficie del Polímero y captan humedad del medio ambiente, formando una delgada capa conductora, que disipa las cargas estáticas (López 2012).

La permeabilidad eléctrica, o constante dieléctrica es una propiedad muy importante del Polietileno de alta densidad que está relacionada con la polarización que puede crearse en él, cuando se le somete a un campo eléctrico.

Esta polarización, es debida al desplazamiento de cargas (electrones y núcleos atómicos), respecto de sus posiciones de equilibrio (en ausencia de campo), y también, a la orientación de los dipolos de la molécula, que tiene lugar en presencia de dicho campo.

Por ello, la determinación de la constante dieléctrica puede informar acerca de los dipolos en la estructura química del polímero, y también, acerca de la conformación de las cadenas, porque los dipolos locales que hay en los eslabones se acoplan dando un dipolo resultante distinto según cual sea la forma de la cadena.

La constante dieléctrica, en frecuencias desde sesenta hertz a un megahertz es de 2.2 a 2.4, es decir, mantiene este parámetro dentro de límites muy estrechos, en un amplio cambio de frecuencias. Por otro lado, la resistividad volumétrica es mayor a 10^{16} ohms-cm (López 2012).

Las principales propiedades eléctricas del Polietileno de alta densidad se describen en la tabla de la página siguiente:

Tabla 5. Principales propiedades eléctricas del Polietileno de alta densidad

Propiedades	Unidades	Valor
Constante Dieléctrica	A 1MHz	2.2 – 2.4
Factor de Disipación	A 1 MHz	$1-10 \times 10^{-4}$
Resistencia Dieléctrica	(kV.mm ⁻¹)	22
Resistividad Superficial	(Ohm/sq)	10^{13}
Resistividad de Volumen	(Ohmcm)	$10^{15}-10^{18}$

Fuente: Estudio de las propiedades y aplicaciones industriales del polietileno de alta densidad (pead) (López 2012).

f. Propiedades ópticas

Las propiedades ópticas están relacionadas con la estructura molecular del polímero, así como con la cristalinidad y la homogeneidad del material. El Polietileno de alta densidad es semicristalino, incoloro, inodoro, no tóxico, lácteo y se puede encontrar en todas las tonalidades transparentes y opacas. En el mercado este polímero se puede encontrar en cualquier color (López 2012).

2.2.3. Aseguramiento de calidad (QA)¹

El proceso de auditar los requisitos de calidad y los resultados obtenidos a partir de medidas de control de calidad, a fin de garantizar que se

¹ En el ámbito del desarrollo de software, la sigla QA significa Quality Assurance, o aseguramiento de la calidad. Se trata de un conjunto de actividades de evaluación de las distintas etapas del proceso de desarrollo para garantizar que el producto final sea de calidad.

utilizan definiciones de las operaciones y normas de calidad adecuadas (Grima y Tort 1995).

Por "Aseguramiento de la Calidad"² se entenderá la responsabilidad de la dirección técnica de la Obra para garantizar la adecuación de la Obra al diseño propuesto. El Aseguramiento de Calidad es responsabilidad del cliente.

a. Surgimiento y consolidación del aseguramiento de la calidad

Se origina como una necesidad de la industria militar y espacial de EEUU (años 50-60) para ofrecer productos ajustados a unas especificaciones dadas (Grima y Tort 1995).

Con el fin de estandarizar los Sistemas de Calidad de distintas empresas y sectores, y con algunos antecedentes en los sectores nuclear, militar y de automoción, en 1987 se publican las Normas ISO 9000, un conjunto de normas editadas y revisadas periódicamente por la Organización Internacional de Normalización (ISO) sobre el Aseguramiento de la Calidad de los procesos. De este modo, se consolida a nivel internacional el marco normativo de la gestión y control de la calidad (Grima y Tort 1995).

² UNE-EN- ISO 9000:2005, el aseguramiento de la calidad ha sido englobado en la gestión de la calidad, pero no por ello ha perdido validez. Numerosos sectores, fundamentalmente aquellos en los que es necesaria la confianza sobre la seguridad del producto, siguen utilizando sistemas de aseguramiento de la calidad.

Tabla 6. Etapas y Finalidad del Control, Aseguramiento de la Calidad

Etapa	Concepto	Finalidad
Control de Calidad	Técnicas de inspección en Producción para evitar la salida de bienes defectuosos.	Satisfacer las necesidades técnicas del producto.
Aseguramiento de la Calidad	Sistemas y Procedimientos de la organización para evitar que se produzcan bienes defectuosos.	Satisfacer al cliente. Prevenir errores. Reducir costes. Ser competitivo.
Calidad Total	Teoría de la administración empresarial centrada en la permanente satisfacción de las expectativas del cliente.	Satisfacer tanto al cliente externo como interno. Ser altamente competitivo. Mejora Continua.

Fuente: Estudio de las propiedades y aplicaciones industriales del polietileno (Grima y Tort 1995).

La calidad no se ha convertido únicamente en uno de los requisitos esenciales del producto sino que en la actualidad es un factor estratégico clave del que dependen la mayor parte de las organizaciones, no sólo para mantener su posición en el mercado sino incluso para asegurar su supervivencia (Grima y Tort 1995).

b. Características básicas del aseguramiento de la calidad

Es un sistema que pone el énfasis en los productos, desde su diseño hasta el momento de envío al cliente, y concentra sus esfuerzos en la definición de procesos y actividades que permiten la obtención de productos conforme a unas especificaciones.

Tiene como objetivos claros:

- Que no puedan llegar al cliente productos o servicios defectuosos.
- Evitar que los errores se produzcan de forma repetitiva
- Prevención de errores: costes asociados a la calidad
- Control total de la calidad
- Énfasis en el diseño de los productos
- Uniformidad y conformidad de productos y procesos
- Compromiso de los trabajadores

2.2.4. Organización Internacional para la Estandarización (ISO)

Fundada en febrero de 1947, para promover el desarrollo de normas internacionales y otras actividades relacionadas (evaluaciones de conformidad) y para facilitar el intercambio de bienes y servicios en todo el mundo. ISO es un organismo no gubernamental y no depende de ningún otro organismo internacional (Guía de Interpretación Iso 9001:2001).

Está formada por representantes de organismos procedentes de 90 países y es una red de los institutos de normas nacionales de 160 países que se encarga de todas las áreas comerciales e industriales, excepto de las relacionadas con la construcción eléctrica y electrónica. La Secretaría Central del ISO tiene como sede la ciudad de Ginebra (Guía de Interpretación ISO 9001:2001).

2.2.5. Protocolo

Sólo puede ser establecido si la responsabilidad de cada grupo está claramente definida. Son necesarios para poder resolver conflictos y establecer puntos de control. Estos protocolos deben ser también verificados y aceptados por los representantes del cliente antes de su uso, por esto, se los suele anexas al Plan de Calidad que presenta el CQC (Guía metodológica ISO 9001:2001).

Características básicas de un protocolo:

a. Título del Protocolo

- Nombre del ensayo a realizar, el cual contiene código de registro, versión, fecha de creación del protocolo y especialidad.

b. . Parte informativa del Protocolo

- Nombre del proyecto.
- Área encargada de construcción.
- Código de facilidad, el cual es proporcionado por el diseñador.
- Número de protocolo.
- Fecha de ejecución del ensayo.
- Nombre de la contratista que ejecuta el trabajo.
- Número de páginas que contiene el ensayo.
- Código de plano de diseño.

c. Cuerpo del Protocolo

- Identificación de la prueba.
- Unidades de medida.
- Tipo de prueba.
- Personal técnico responsable.
- Tipo de geomembrana.
- Tipo de unión.
- Ubicación de panel.
- Resultado de prueba.
- Observaciones

d. Parte Final del Protocolo

Es en donde la línea de supervisión firma el documento dando por aceptado el trabajo realizado.

2.2.6. Requisitos para los sistemas de calidad - ISO 9000:2000

Dentro de los requisitos en los cuales se tiene que obligatoriamente aplicar las normas de calidad ISO 9000: 2000, estarán determinadas por los requerimientos del cliente y los aspectos del reglamento; teniendo en cuenta lo siguiente:

a. Sistema de gestión de la calidad

- Identificar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización.
- Determinar la secuencia e interacción de estos procesos.
- Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces.
- Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de este proceso.
- Realizar el seguimiento, la medición y el análisis de estos procesos.
- Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

b. Requisitos de documentación

- Un manual de la calidad.
- Los procedimientos documentados requeridos en esta Norma Internacional o procedimientos de gestión.
- Los documentos necesitados por la organización para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos, o también llamados procedimientos operativos.
- Los registros requeridos por esta Norma Internacional.
- La documentación debe estar interrelacionada y responder a un sistema general de control. Cada nivel de documentación debe estar aprobado por la autoridad correspondiente a la importancia del documento.

Actualmente tiene bastante aceptación el Modelo Piramidal de Documentación, el mismo que aparece en la siguiente figura:

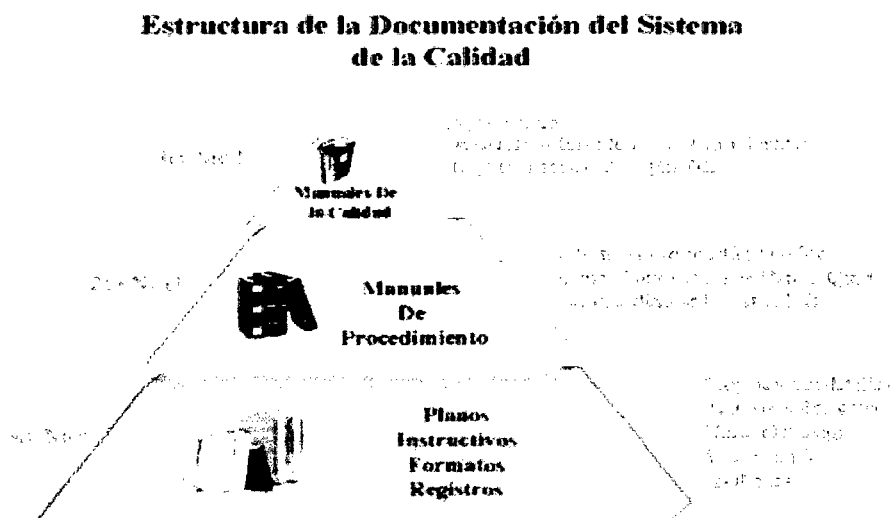


Figura N° 02. Estructura de documentación de sistema de calidad.
Fuente: Cuadro del artículo "La Documentación de un Sistema de Calidad" (Grima y Tort 1995).

2.2.7. Geomembrana

Son láminas poliméricas impermeables, utilizadas como barrera de líquidos y sólidos. Son recubrimientos sintéticos impermeables a fluidos y partículas cuya función es la de revestir canales, lagunas, depósitos de agua, además controlan la erosión. También se instalan en depósitos de hormigón o acero de cualquier dimensión para confinamiento de químicos, residuos sólidos o químicos e industriales y prolongar así la duración de los tanques. Se fabrican en cloruro de polivinilo (PVC)³, polietileno de alta o baja densidad (PEAD/PEBD).

Las geomembranas de polietileno de alta densidad son producidas por la polimerización de etileno a baja presión, con copolímeros y catalíticos específicos que resulta un polímero de elevado peso molecular, con excelentes propiedades físicas y químicas. A este polímero se adicionan aditivos para mejorar las características básicas de la geomembrana. Aditivos como los termos estabilizadores y los antioxidantes aumentan significativamente la resistencia a cambios climáticos y al calor, capacidad de soldadura, y resistencia a la degradación. Negro de Humo en un 2 a 3% en la masa protege la geomembrana contra las acciones de los rayos UV, aumentando su vida útil (Koerner 1999).

La materia prima para la fabricación de geomembranas de polietileno de alta densidad (HDPE) Lisas deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

³ PVC es un polímero similar al polietileno, con la diferencia que cada dos átomos de carbono, uno de los átomos de hidrógeno está sustituido por un átomo de cloro. Es producido por medio de una polimerización por radicales libres del cloruro de vinilo (fórmula química $CH_2=CHCl$).

Tabla 7. Propiedades de Geomembranas Lisas de Polietileno de Alta Densidad

Geomembranas de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) Lisas

PROPIEDADES	METODOS DE ENSAYO	HPDE	HPDE	HPDE	HPDE	HPDE
Espesor (prom. mín.)	ASTM D 5199 mm (mil)	0,75 (30)	1,0 (40)	1,5 (60)	2,0 (80)	2,5 (100)
Densidad (mín.)	ASTM D 792 g/cm ³	≥ 0,94	≥ 0,94	≥ 0,94	≥ 0,94	≥ 0,94
Propiedades de Tensión (prom. mín.)	ASTM D 6693					
- Tensión Elástica (Yield Strength)	kN/m (lb/in)	11 (63)	15 (84)	22 (126)	29 (168)	37 (210)
- Tensión de Rotura (Break Strength)	kN/m (lb/in)	20 (114)	27 (152)	40 (228)	53 (304)	67 (380)
- Alargamiento Elástico (Yield Elongation)	(%)	12	12	12	12	12
- Alargamiento en la Rotura (Break Elongation)	(%)	700	700	700	700	700
Resistencia al Rasgado (prom. mín.)	ASTM D 1004 N (lb)	93 (21)	125 (28)	187 (42)	249 (56)	311 (70)
Resistencia a la Perforación (prom. mín.) (Tear Resistance)	ASTM D 4833 N (lb)	240 (54)	320 (72)	480 (108)	640 (144)	800 (180)
Contenido de Negro de Humo	ASTM D 1603 mod. (%)	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3
Dispersión del Negro de Humo	ASTM D 5596	Ver Nota	Ver Nota	Ver Nota	Ver Nota	Ver Nota
Tipo de Polímero	Fabricante	HPDE	HPDE	HPDE	HPDE	HPDE
Color Estándar		Negro	Negro	Negro	Negro	Negro

Fuente: ASTM D 792 (Koerner 1999).

2.2.8. Clasificación de ensayos en campo y laboratorio

a. Ensayos destructivos de fusión y extrusión

A diferencia de los Ensayos No Destructivos, estos ensayos permiten determinar las características mecánicas de las uniones pero no indican si la unión es hermética.

Los ensayos destructivos se realizarán de acuerdo a especificaciones en lugares seleccionados y marcados por el cliente, salvo que el Cliente faculte al QC de hacer esta actividad, así mismo la frecuencia de los ensayos destructivos será en:

- Una muestra destructiva mínima cada 100 metros lineales de soldadura por fusión.
- Una muestra destructiva mínima cada 100 metros lineales de soldadura en empalmes (Tie - in) y cada cierta cantidad de parches que tengan Control de Calidad al 100% y que acumulen un promedio de 100 metros lineales.
- El Ensayo Destructivo consiste en tomar una muestra de la unión de soldadura efectuada en terreno de 1000 mm de largo y 300 mm de ancho con la unión en el centro para soldadura por fusión, la muestra se dividirá en tres partes iguales de las cuales el contratista y el Cliente se quedaran con cada una y la tercera se realizará la prueba; para soldadura por extrusión se tomará una muestra que permita dividirla en tres partes de las cuales en una se realizará la prueba y las otras dos se quedaran con el contratista y Cliente.

Procedimiento

- La prueba se realizará sobre la unión de 2 paneles.
- Tanto en la muestra como en el panel se anotará: fecha y hora de ejecución, temperatura ambiente, número de máquina, temperatura de máquina y nombre del técnico soldador.
- El Ensayo de la muestra se realizará en laboratorio por el técnico de Laboratorio de Control de Calidad del instalador el cuál es el responsable de la ejecución y evaluación de los resultados de la prueba e informar al Supervisor de Control de Calidad del Instalador de todos los resultados. Si el supervisor QA lo requiere, se contará con su presencia, en todo caso se le informará de los resultados.
- De la muestra se deben cortar 10 probetas (testigos) de 1" de ancho y 8" de largo.
- Las primeras 5 probetas serán sometidas a ensayo dimensional verificando espesores de ambas geomembranas utilizando un Pie de Rey (Vernier) y posterior ensayo de 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 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 ensayados por el Técnico utilizando un Tensiómetro que cumpla con las especificaciones del proyecto, (velocidad de prueba 2" / min HDPE y 20"/min VFPE).

Criterios de Aceptación

➤ *Ensayo de Corte (Shear): Tipo de Rotura: FTB*

- Inspección Visual (porosidad, adherencia, amoladura, limpieza, etc.)
- Las 5 probetas cumplen con la resistencia mínima requerida según especificación.
- La Resistencia Mínima requerida será dado por las Especificaciones Técnicas para geosintéticos KP, por el fabricante o de acuerdo a lo que indique el cliente.
- La elongación deberá ser ³ 50% de corte en HDPE.

➤ *Ensayo de Desgarre (Peel) · Tipo de Rotura: FTB*

- Inspección Visual
- Las 5 probetas cumplen con la resistencia mínima requerida y será dado por las Especificaciones Técnicas para geosintéticos KP, por el fabricante o de acuerdo a lo que indique el cliente.
- La Longitud lineal de pelado debe ser \geq 10% para HDPE.
- La Longitud lineal de pelado debe ser $<$ 25% para VFPE y sus combinaciones de Geomembrana.
- El Ensayo Destructivo se considera aprobado si se cumple con Criterios de Aceptación. Si uno o más de los cupones no cumplen con las Especificaciones, la prueba se la considera defectuosa.
- En caso de no cumplir con los criterios de aceptación, 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 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 Inspector QA del cliente.
- Los Ensayos Destructivos deberán ser identificados y registrados tanto en la geomembrana como en los Formatos (Registros de Pruebas Destructivas).

b. Ensayos de Elongación

El ensayo denominado Strain Test (Prueba de Deformación), permite determinar el porcentaje de deformación de la lámina de HDPE y se efectúa en forma simultánea con el ensayo de Corte (Shear) de las pruebas destructivas.

Procedimiento

- La probeta deberá medir 1" de ancho y 8" de largo.
- La velocidad del ensayo debe ser de 2 pulgadas / minuto.
- Medir y registrar la distancia de 25mm desde un grip (sujetador) al límite de la soldadura (medida inicial).

- Iniciar el ensayo de Corte (Shear) a la velocidad indicada y esperar a que suceda cualquiera de las siguientes situaciones:
 - Ruptura de la probeta en ensayo (Testigo).
 - Elongación de la probeta hasta igualar la capacidad de desplazamiento del tensiómetro.

En el momento que se cumple cualquiera de las condiciones descritas, se mide y registra la distancia en el lado tomado como referencia (grip-límite de soldadura), esta es la medida final.

El porcentaje de elongación está dado por:

$$ELONGACIÓN = \frac{L}{L_0} \times 100$$

Dónde:

L = Medida Final de la longitud (al final de la prueba).

Lo = Medida original de la longitud.

“Este método implica que toda elongación se produce en un solo lado de la soldadura, por lo que si no es así, no será crítico conocer la elongación en el otro lado o en la soldadura misma.”

El valor obtenido se registrará en los formatos de pruebas destructivas, siendo el mínimo el 50%.

c. Prueba de Vacío (ASTM D5641-01 Standard Practice for Geomembrane Seam Evaluation by Vacuum Chamber)

La Prueba de Vacío se ejecuta comúnmente sobre las soldaduras de extrusión y se puede utilizar en casos excepcionales sobre las soldaduras de fusión (para la identificación de fallas más no para reemplazar la prueba de aire). El equipo consta de una caja de material apropiado con la cara superior transparente, medidora de vacíos (vacuómetro), bomba de succión y solución jabonosa.

Procedimiento:

- La unión a ensayar debe estar limpia, libre de polvo y de restos de geomembrana u otro material que pudiera alterar el ensayo.
- Preparar una solución de agua y detergente, aplicando gran cantidad de solución al área sometida a dicho ensayo, 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 (0.28 a 0.55 bar).
- Mantener la presión por lo menos por 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 3pulgadas).
- Terminado de ensayar el cordón completo, se deberá anotar sobre la geomembrana la información del ensayo y también en los Formularios de Ensayos No Destructivos.

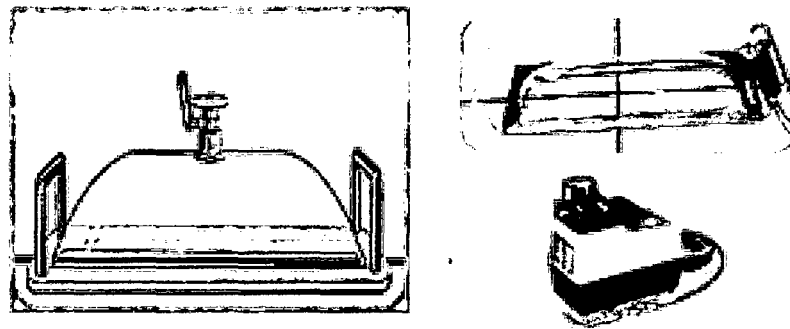


Figura 3. Esquema de la prueba de vacío

Tabla 8: Prueba de Vacío

No. de Prueba	Máquina N°	Ubicación :	Fecha de Prueba	Téc. QC	Vt. OK, (en caso de Falla):

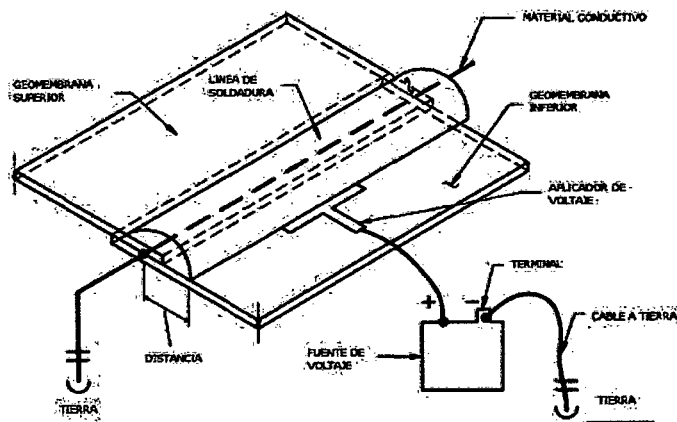
Fuente: Elaboración propia.

d. Prueba de Chispa Eléctrica. (ASTM D-6365 Standard Practice for the Nondestructive Testing of Geomembrane Seams using the Spark Test.)

La Prueba de Chispa eléctrica se ejecutará sobre todas las soldaduras de extrusión que lleven alambre de cobre desnudo. 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 donde, por sus características, el ensayo de vacío no es aplicable. Nos referimos principalmente a geomembranas gruesas (de 3mm hacia arriba) y Stud-Liner entre otras.

Procedimiento:

- La prueba consiste en aplicar una Diferencia de Potencial de entre 20 a 35 Kv sobre el cordón de extrusión al cual, previamente se le ha instalado un alambre de cobre desnudo en la unión entre las dos Geomembranas (Valencia 2010).
- En caso de que la soldadura se encuentre defectuosa (existencia de poros profundos, mala adherencia, sectores delgados), se producirá un arco eléctrico entre la punta del equipo (escobilla sólida) y el alambre de cobre desnudo generando una chispa eléctrica que será visible al técnico.
- Adicionalmente, al arco eléctrico, se oirá un ruido característico (chasquido).
- 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 (Valencia 2010).
- De la misma manera que los demás ensayos No-Destructivos, se deberá anotar tanto en la geomembrana como en el Formulario. (Protocolo de Ensayos No-Destructivos).



Esquema prueba de chispas de alto voltaje (Fuente ASTM D 6365)

Figura 4. Esquema de la prueba de Chispa Eléctrica

Tabla 9. Prueba de Chispa Eléctrica

No. de Prueba	Máquina a N°	Ubicación n:	Fecha de Prueba	Téc. QC	RT. OK, (en caso de Falla):

Fuente: Elaboración propia.

e. Prueba de Aire. (ASTM D5820-01): ASTM D-5820 Standard Practice For Pressurized Air Channel Evaluation of Dual Seamed Geomembranes)

La prueba de aire es ejecutada en el canal de aire de la soldadura de fusión realizada por la cuña. Diariamente al inicio de las labores se hará una prueba de pre uso o puesta en marcha (Valencia 2010).

Procedimiento:

- Sellar ambos extremos del canal de aire de la junta a ser probada, 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 (28 Psi a 35 Psi). Las presiones a utilizar se muestran en la siguiente tabla:

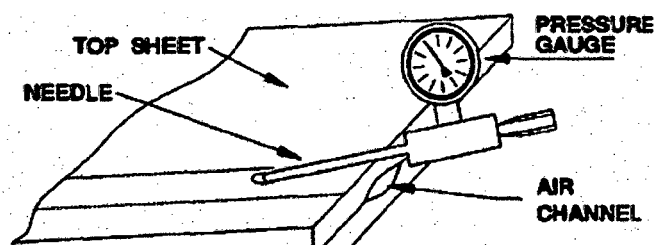


Figura 5. Esquema de la Prueba de Aire

Tabla 10: Rango de presiones a usar de acuerdo al espesor del material

ESPEJOR DEL MATERIAL		RANGO DE PRESIONES				PERDIDA DE PRESIÓN ACEPTABLES LUEGO DE 5 MIN.	
		Mínimo		Máximo		Kpa	(Psi)
		KPa	(Psi)	Kpa	(Psi)		
1.0 mm.	40 mil	193	(28)	241	(35)	21	(3)
1.5 mm.	60 mil	193	(28)	241	(35)	21	(3)
2.0 mm.	80 mil	193	(28)	241	(35)	21	(3)
2.5 mm.	100 mil	193	(28)	241	(35)	21	(3)

Fuente: Norma ASTM: Committee D35 on Geosynthetics

- Inyectado el aire dentro del canal de prueba, se deberá esperar un lapso de tiempo de 2 minutos para permitir que la presión del aire se estabilice y se deberá leer la presión como la 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, 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 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:
 - Cambio de instrumentos de medición.
 - Rehacer la prueba de aire desde el principio.
 - Mientras se ejecuta la prueba, se debe recorrer la unión y con atención, escuchar algún ruido que delate la presencia de un escape de aire.
 - Adicionalmente, se puede aplicar solución jabonosa similar a la empleada en los ensayos de vacío debajo en la aleta (sin retirarla) y observar la aparición de burbujas que delatan la presencia de fuga.
 - Si con todo lo anterior, se mantiene la fuga, el QC de acuerdo a su experiencia, está en la facultad de eliminar todo el cordón y evitar hacer varios cortes innecesarios para agilizar los trabajos, o segmentar la unión en intervalos más pequeños ($1/2$, $1/4$, etc.) y efectuar sucesivamente pruebas de aire hasta encontrar la fuga.
 - Encontrada la fuga, se deberá reparar con los métodos de reparación y volver a ejecutar la prueba de aire donde corresponda.

Tabla 11: Prueba de Aire

No. de Prueba	Máquina Nº	Ubicación n:	Fecha de Prueba	Téc. QC	AT. OK, (en caso de Falla):

Fuente: Elaboración propia.

2.2.9. Costos de Calidad

Rubén (2003) manifiesta que el concepto ha evolucionado ampliándose y ahora se entienden como costos de calidad aquellos incurridos en el diseño, implementación, operación y mantenimiento de los sistemas de calidad, distinguiéndose dos tipos, los que se encuentran directamente relacionados a los esfuerzos para fabricar un producto con calidad y los generados por no hacer las cosas correctamente llamados “Precio de incumplimiento” o “Costo de no calidad”.

Sin embargo, analizando las diversas partidas que componen los costos de calidad, y de acuerdo con las funciones específicas y el propósito al que responden cada una de ellas, hemos separado en cuatro grupos básicos que incluyen los dos tipos:

- a. **Costos de Prevención:** Representan el costo de todas las actividades llevadas a cabo para evitar defectos desde los inicios de diseño, desarrollo y finalmente la comercialización un producto o servicio (Rubén 2003).
- b. **Costos de Evaluación:** Aquellos desembolsos generados por la búsqueda y detección de imperfecciones en los productos finales. Estos costos proceden de actividades de inspección, pruebas, evaluaciones que se han planeado para determinar el cumplimiento de los requisitos establecidos; como ejemplos podemos mencionar:
 - Inspección y prueba de prototipos.
 - Análisis del cumplimiento de las especificaciones.
 - Inspecciones y pruebas de aceptación y recepción.
 - Control del proceso e inspección de embarque.

- c. **Costos de fallas internas:** Son los costos generados por las actividades dirigidas a eliminar las imperfecciones encontradas en los productos antes de ser enviados a los clientes. Este costo incluye tanto el costo de los materiales, mano de obra, gastos de fabricación, así como herramientas o adecuación de máquinas para nuestro caso son:
- Componentes individuales de costos de producción defectuosa.
 - Utilización de herramientas y tiempos de paradas de producción.
 - Supervisión y control de operaciones de restauración.
 - Costos adicionales de manejo de documentación e inventarios.
- d. **Costos de fallas externas:** Son aquellos desembolsos que se generan cuando, luego que el producto ha sido enviado a los clientes, se detecta que algunos de ellos no cumplen con las especificaciones. Entre estos tenemos:
- Componentes individuales de costos de productos devueltos.
 - Cumplimiento de garantías ofrecidas.
 - Reembarque y costos de reparaciones en su caso.

Tabla 12. Componentes de los Costos de Calidad

COSTOS DE CALIDAD	
COSTOS DE PREVENCIÓN	COSTOS DE EVALUACIÓN (Detección)
Ingeniería de calidad	Inspección de materias primas
Capacitación y reclutamiento de personal	Inspección de productos en proceso
Planeación y ejecución de programas de trabajo	Inspección de productos terminado
Auditorias y reportes de Calidad	Inspección de empaques
Diseño de nuevos procesos	Aceptación de productos
Diseño de nuevos equipos	Aceptación de procesos
Círculos de calidad	Evaluación de equipos y prototipos
Estudios de rentabilidad	Laboratorios, inspección, mediciones controles
Investigación de mercadotécnica	Análisis e informe de control de calidad
Certificación y selección de proveedores	Verificación continua de proveedores
COSTOS POR FALLAS INTERNAS	COSTOS POR FALLAS EXTERNAS
Desechos	Ventas Perdidas
Sub utilización de equipos	Garantías
Re trabajo	Descuentos concedidos por defecto
Tiempo perdido	Responsabilidad de producto
Re inspección	Solución de quejas
Cambios de diseño	Costos legales
Reparaciones	
Eliminación de rechazos	

Fuente: Blocher, Chen, Lin, Cost Management a Estrategic Emphasis Management.

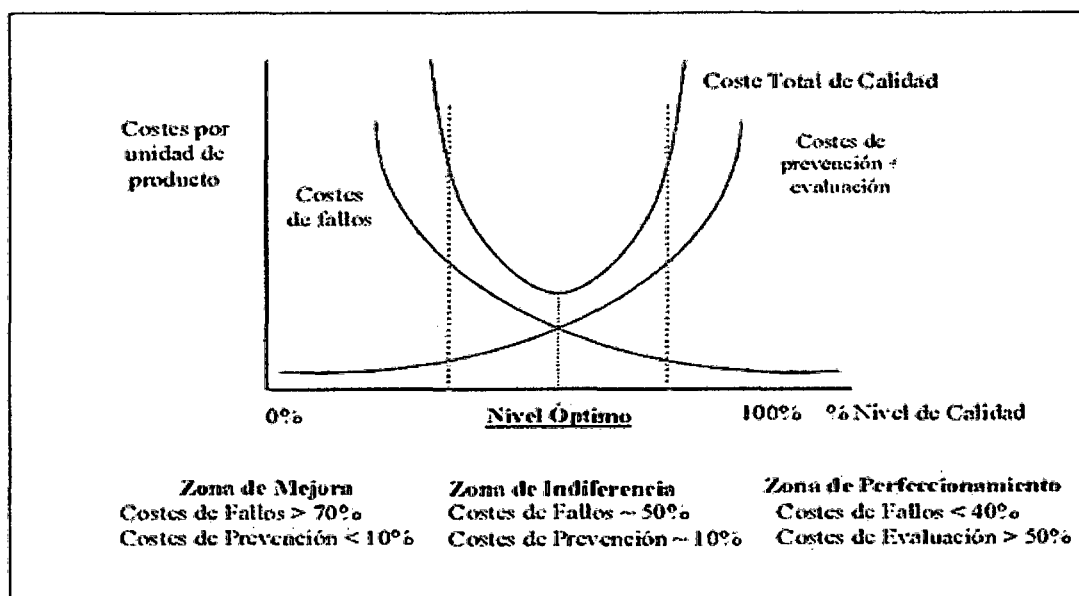


Figura N° 06. Gráfica de Costos de Calidad (López, 2012).

- e. **Costos de No Calidad:** Los costos relacionados a la No Calidad se refieren a aquellos gastos extras realizados al proyecto con la intención de rehacer o reparar productos por haberse realizado erróneamente en una primera oportunidad. También existe el concepto de no calidad no ligado directamente a un costo sino más bien a retrasos de algunas actividades que a su vez generan retrasos en otras actividades, generando desconfianza y llevándonos indirectamente a mayores costos. Como es lógico, estos costos jamás son tomados en cuenta en los presupuestos y representan una pérdida neta (Rubén 2003).

Los costos de no calidad se pueden resumir en las siguientes actividades:

- Efectuar reprocesos, rehacer los trabajos correspondientes a una partida completa en algunos casos.
- Reemplazar materiales e insumos adquiridos, ya que los análisis realizados demuestran que no se cumplen los requisitos de calidad.
- Completar procesos en etapas no oportunas (después de haber terminado los procesos), es decir, generando mayores costos directos e indirectos.
- El tiempo empleado para completar trabajos retrasados.

Todas estas actividades y otras afines son las que forman parte de los costos de no calidad, generándose así el inicio de las pérdidas en la obra. Para entender mejor el concepto de los costos de la no calidad y las variables se presenta el siguiente esquema (Rubén 2003).

Los Costos relativos a la calidad de un proyecto (CRC) es la suma de los costos invertidos en el aseguramiento de la calidad más los costos de la no calidad:

$$\text{CRC} = \text{CDC} + \text{CNC}$$

Dónde:

CRC = Costos relativos a la calidad, CRC

CDC = Costos de calidad, CDC

CNC = Costos de no calidad, CNC

De esto podemos deducir que los costos de calidad deben ser considerados en la etapa de diseño y elaboración del expediente técnico, esto para que al momento de licitar el proyecto, los contratistas se vean obligados a presupuestar un plan de calidad (Rubén 2003).

Para mayor ilustración de nuestro caso lo explicaremos mediante las siguientes graficas:

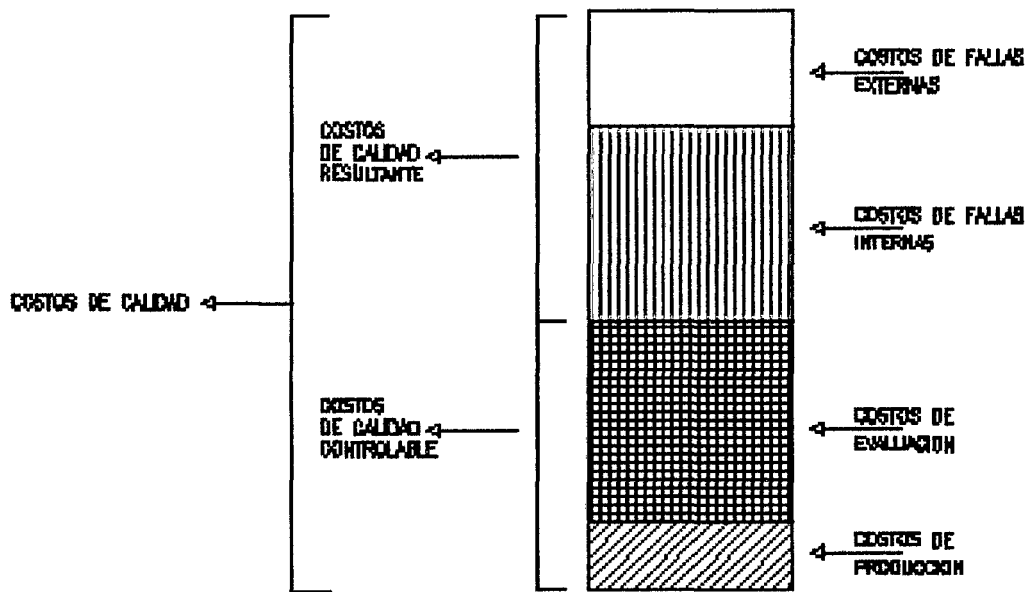


Figura 7. Costo directo de la Calidad en un periodo de tiempo cualquiera.

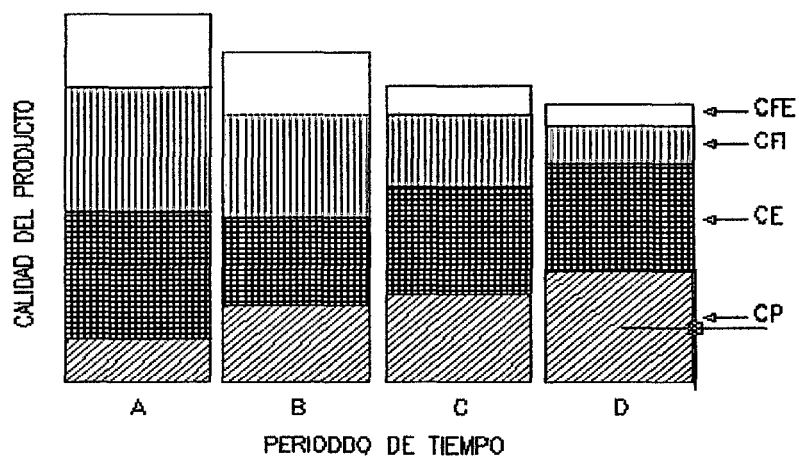


Figura 8. Efecto de la modificación de los costes controlables de calidad en un mismo producto.

Como se puede observar la diferencia que existe entre los periodos de tiempo A y B es que en B hay más desembolsos por prevención y menos costes de evaluación. Debido a esto, el costo directo total de calidad disminuyó durante el segundo periodo de

tiempo; durante el periodo C, el costo de evaluación se incrementó con respecto al periodo B, lo que dio como resultado una reducción del costo de los errores externos mayor que el incremento del costo de los errores internos, haciendo que el costo de calidad total disminuyera.

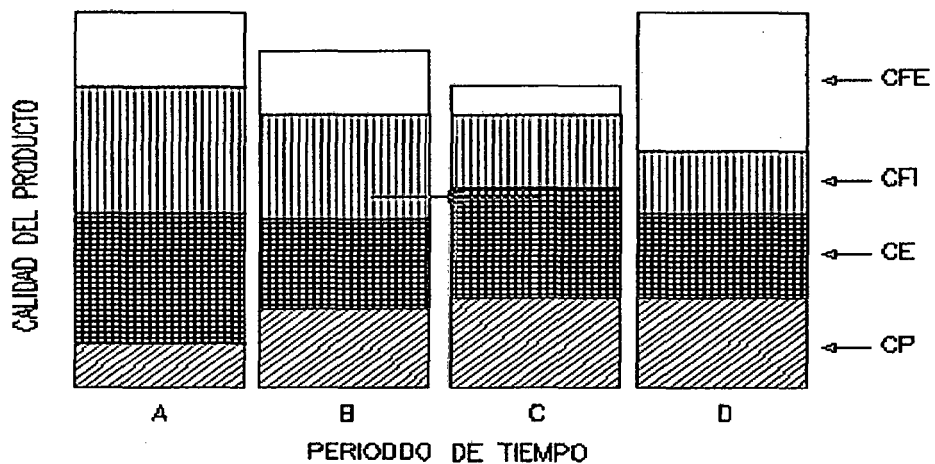


Figura N° 09. Efecto de la modificación de los costes controlables de calidad en un mismo producto con una falta de consistencia en el proceso.

Como se puede apreciar en la Figura 05, se observa un periodo D posterior, si los costos de evaluación y prevención se siguen incrementando, hasta obtener errores inherentes a los procesos, el costo directo total de calidad disminuiría aún más. En cambio sí en el periodo D, el costo de evaluación se redujo a un nivel más bajo y disminuyó los errores internos, pero incrementó grandemente el costo de los errores externos, trayendo como consecuencia un aumento del costo total de calidad (Rubén 2003).

Generalmente, el costo de calidad resultante disminuirá al ir aumentando los costes de calidad controlables y la disminución puede ser superior o inferior al cambio del costo de calidad controlable, dependiendo del nivel de sofisticación del sistema previo de calidad (Rubén 2003).

CAPÍTULO III

3. Materiales y métodos

3.1. Tipo de estudio

Esta investigación, es de tipo cualitativa y descriptiva, se ejecutó, teniendo en cuenta la elaboración de los Protocolos para la colocación de geomembrana, asimismo, se ha considerado los lineamientos de la Estándares de la Norma ASTM, registradas en protocolos para cada prueba, en conformidad con los parámetros de la ISO 9001:2000,

Cualitativa: Porque a partir de la problemática se consideran conceptos para realizar documentos básicos los que son necesarios para implementar este plan y de acuerdo a su nivel de investigación es de forma.

Descriptiva: Porque explica situaciones cómo se manifiesta el fenómeno; implica medición de una serie de aspectos que son medidos en forma independiente para describir lo que se investiga, a partir de la problemática se consideran los conceptos para realizar los documentos básicos necesarios (protocolos) que serán parte del Dossier de Calidad, estas secuencias del proyecto se detallará paso a paso, originando protocolos de acuerdo al ensayo solicitado y bajo los parámetros que requiere la norma ISO 9001:2000, garantizando un adecuado Aseguramiento de la Calidad en la Construcción usando el Polietileno de Alta Densidad (HDPE), y se cumplan con los estándares y la calidad solicitados por el Cliente.

El procedimiento que se ha seguido para alcanzar el objetivo planteado es consultar fuentes de información relacionadas con los tópicos a investigar como libros, revistas, documentos de internet, etc.

Se diseñaron protocolos para cada uno de los ensayos a realizar al Polietileno

de Alta Densidad (HDPE).

Finalmente estos protocolos son parte del Dossier de Calidad el cual es necesario para realizar un Aseguramiento de la Calidad.

3.2. Localización

3.2.1. Ubicación: La Poza Cajamarquina se halla situada dentro de las instalaciones de Minera Yanacocha, aguas abajo del tajo Yanamarca, a 35 Kilómetros al norte de la ciudad de Cajamarca, y a 3480 msnm; cuyas coordenadas se localizan entre los: E 15230 N26850 y E15450 N26670; con una capacidad de la poza es de 84,000 m³.

a. Política

Departamento : Cajamarca
Provincia : Cajamarca
Distrito : Encañada

b. Geográfica:

Tabla 13. Ubicación geográfica

COORDENADAS DE POZA				
PI N°	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
PI	15243	26708.53	3480	Punto Extremo Inicio
PF	15443.54	26855.99	3480	Punto Extremo Final

Fuente: (Plano de Ubicación).

c. Área:

El área de la poza designada como "La Poza Cajamarquina" es 21 458.35 m²

d. Topografía:

La topografía que presenta es de tipo accidentada y en algunos sectores presenta una Topografía ondulada, zona corresponde

típicamente a un tajo, es decir en bancos. Cabe precisar que esta morfología del terreno ha sufrido variaciones debido a los cortes y rellenos que se ha realizado durante la construcción siguiendo las líneas de rasante según los requerimientos del diseño del proyecto.

e. Altitud:

La "Poza Cajamarquina", se encuentra a una altitud de 3 480 m.s.n.m.

f. Temperatura:

El clima de la zona es frío, con una temperatura promedio anual de 5°C y una máxima de 12°C, estos datos son obtenidos de las calibraciones de los termómetros ambientales que se usan en el asentamiento minero.

g. Pluviosidad:

Está relacionada con la altitud existente y su distribución es más regular a mayor altura, sin embargo en esta zona la precipitación es relativamente alta durante los meses de setiembre – mayo, con presencia de tormentas eléctricas.

h. Accesibilidad:

Desde la ciudad de Cajamarca se llega al área de trabajo mediante la carretera Cajamarca - Bambamarca quedándose en la garita de control "Huandoy" ubicado en el Km. 35 aproximadamente, y para llegar a la zona de la poza se tiene los accesos cuya distancia es aproximadamente de 40 Km.

i. Clima:

El clima que presenta es altamente variado, con lluvias que empiezan durante los meses de octubre a abril, algunas veces presentándose lluvias periódicas en el mes de septiembre, las lluvias más intensas se presentan por las tardes originando tormentas eléctricas las que ocasionan la paralización de los trabajos.

3.3. Población de estudio

Establecida por todas las mediciones en trabajo de campo y laboratorio para la construcción de la “**Poza Cajamarquina**” del año 2013, ésta debido a la utilización de materiales con Polietileno de Alta Densidad (HDPE), en donde se va a elaborar los protocolos que se requieren para los ensayos a la Geomembrana de acuerdo a la norma establecida.

3.4. Muestra

Las diferentes mediciones realizadas durante el periodo de investigación, se elaboraron 12 protocolos básicos se realizaron durante todo el trabajo de investigación bajo parámetros de la norma ISO 9001:2000, el fin es dejar un documento verificable (dossier) en donde se plasma todo el trabajo realizado, adjuntando los protocolos que se han elaborado en el trabajo, él cual es un documento auditable por el cliente. (Ver Tabla 14).

Así también dentro de los anexos hemos incluido los protocolos de pruebas de ensayos civiles (como densidades de campo, etc.); los cuales son bastante usados antes de realizar la aceptación del trabajo para recubrir el terreno con la Geomembrana.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para esta investigación se ha usado, bibliografía sobre los ensayos que se requiere realizar al Polietileno de Alta Densidad (HDPE), así como los datos obtenidos en campo y laboratorio de las pruebas realizadas para poder elaborar los protocolos requeridos.

Así también se elaboró un Flujograma indicando la secuencia de pasos, desde la etapa de construcción en donde interviene el Ingeniero Aseguramiento y/o Control de Calidad, hasta la culminación por parte del QC/QA⁴,

Para la elaboración de los protocolos con Polietileno de Alta Densidad (HDPE), se ha usado las normas ASTM, descritas anteriormente.

⁴ QC: Control de Calidad - QA: Aseguramiento de Calidad

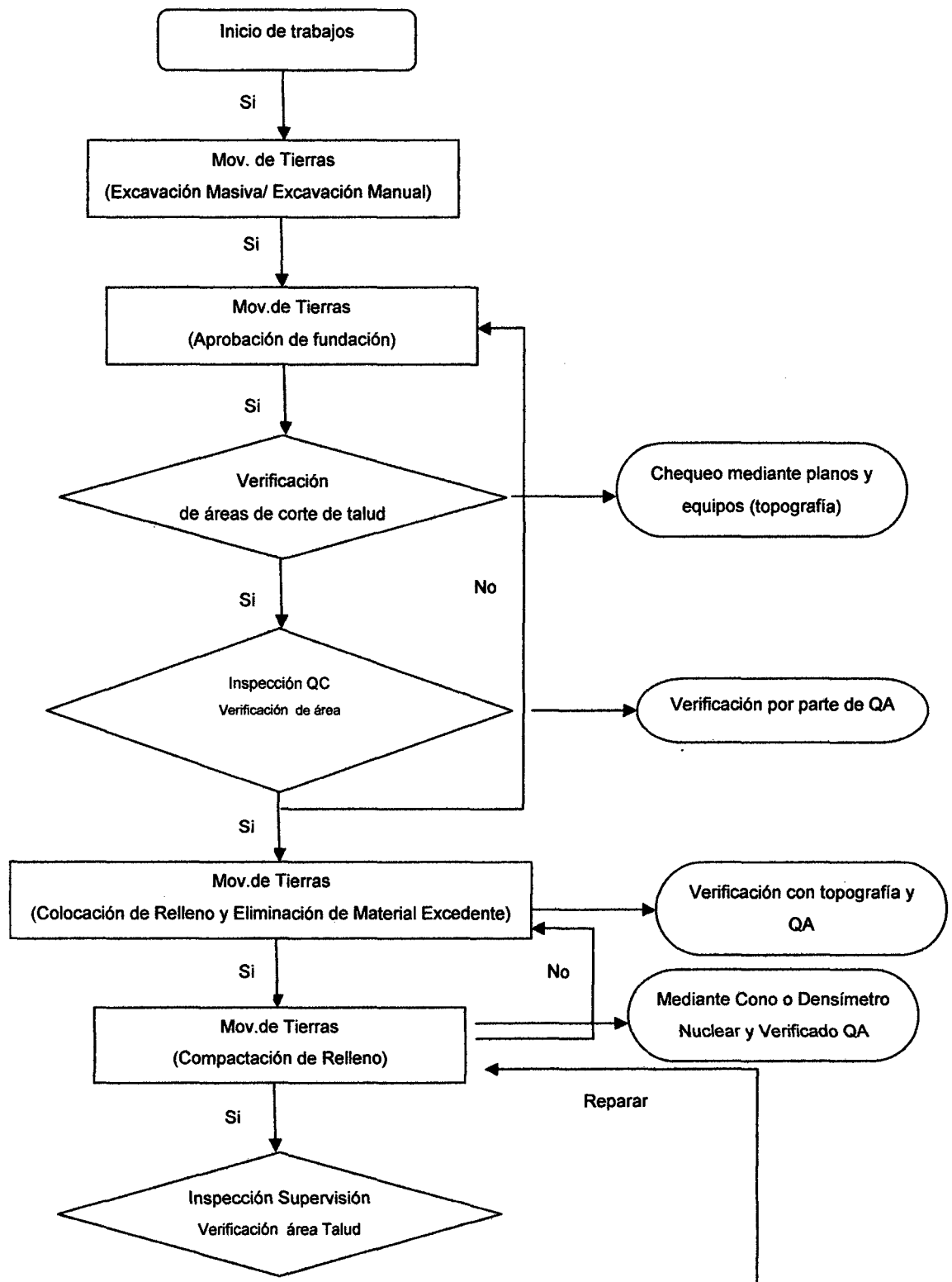


Figura N° 10. Flujograma: etapas del aseguramiento de la calidad durante la construcción la poza.

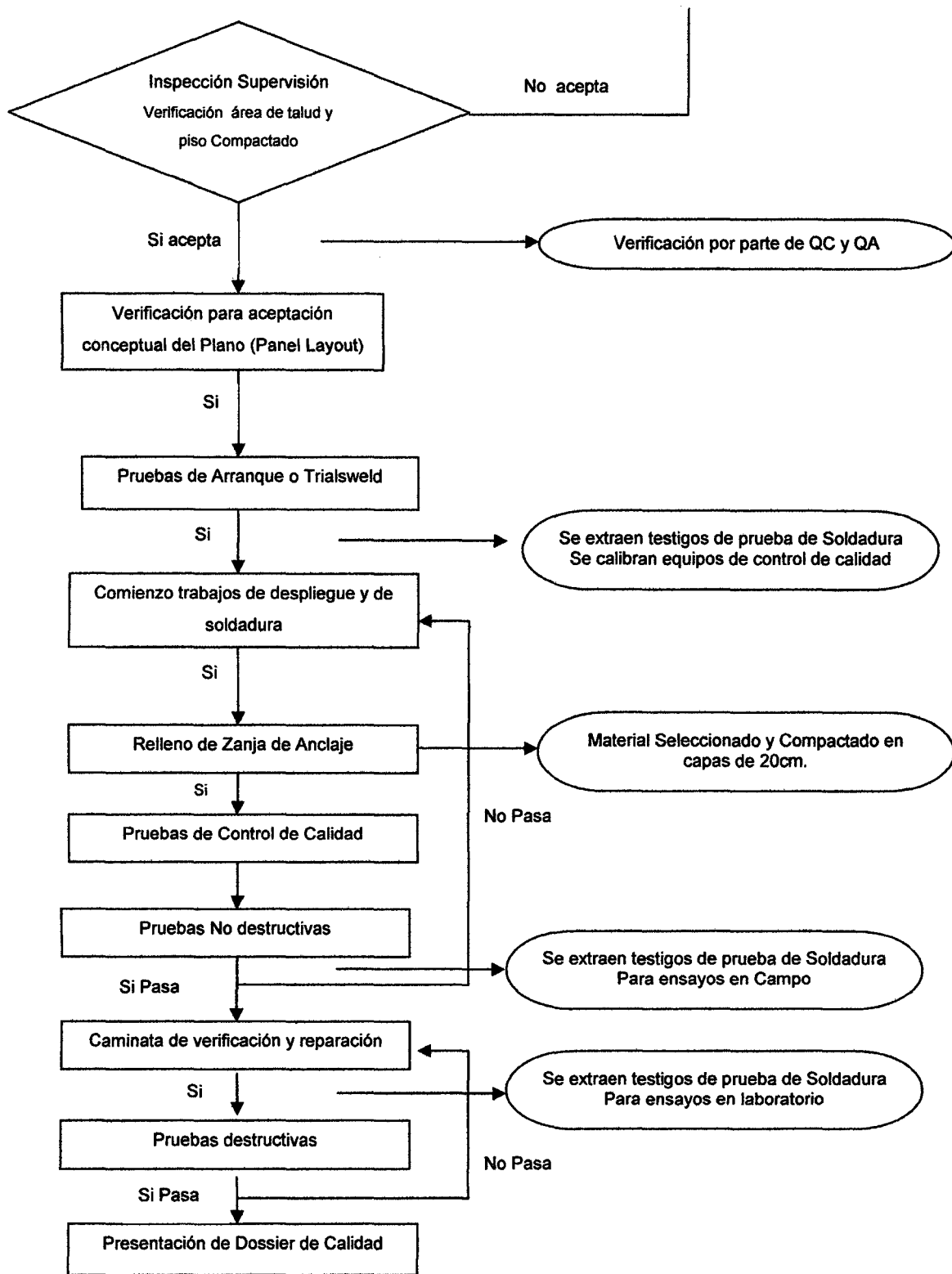


Figura N° 11. Flujograma: etapas del aseguramiento de la calidad durante la construcción la poza.

3.6. Análisis e interpretación de datos

Los datos para la elaboración de los protocolos de calidad está en base a las Normas ASTM para Geomembranas, y de acuerdo a los ensayos que se requieren; esto también sujeto a las normas ISO 9001:2000 para el sistema de Calidad.

Durante la ejecución de actividades para la construcción del proyecto “Poza Cajamarquina” se contempló diferentes facilidades. Dentro de estas facilidades se desarrollaron los trabajos como se describen a continuación:

- Superficie de Terreno Nivelado.
- Sistema de Revestimiento (Geomembrana).
- Relleno zanja de anclaje.

Es importante mencionar que antes de que sea colocada la Geomembrana es necesario realizar las pruebas de campo respecto al control de calidad de los materiales, en este caso nos referimos a las Densidades de Campo, y Proctor Estándar al 95% de acuerdo a las normas ASTM; esto con la finalidad de que se verifique que los materiales que se van a colocar cumplan con las especificaciones correspondientes y no exista problemas posteriormente.

El ingeniero de Control de Calidad durante este período inspeccionará cuidadosamente cada secuencia de construcción y deberá de mantener un registro de todos los ensayos, puesto que una falla implicaría el retiro de todo el material, elevando posteriormente el costo del proyecto.

Así también es importante realizar diversos ensayos de Control de Calidad a la Geomembrana antes de su colocación los cuales a continuación vamos a describirlos.

3.6.1. Ensayos básicos de control de calidad antes de colocar la geomembrana

a. Densidad de Campo: esta puede realizarse mediante 2 formas:

- Cono de Arena ASTM 1556
- Densímetro Nuclear ASTM 2922

b. Proctor Estándar al 95%: para realizar este ensayo se requiere de otros adicionales como:

- Contenido de humedad ASTM D 2216
- Límites de Atterberg ASTM D 4318
- Granulometría ASTM D 422
- Peso Específico ASTM C 127
- Relación Densidad vs Humedad ASTM 698
- Corrección de Próctor por Grava ASTM 4728

Todos estos ensayos que se realicen serán plasmados en protocolos de campo, el cual deberá incluirse dentro de un dossier final de entrega de obra, en el cual deberán firmar todas las partes involucradas (Constructor, QC, QA, Supervisión), dando la conformidad durante esta etapa del trabajo.

3.6.2. Control de calidad de la geomembrana en campo

Una vez que se ha entregado el área terminada (por Movimiento de Tierras), y ha sido aceptada por QC y QA, se procederá a inspeccionar si la Geomembrana requerida es la que se tiene en campo y ésta se encuentra en el área de almacenamiento que se ha indicado, así como se verificará si se encuentra en buen estado.

a. Inspección de la entrega de área a colocar geomembrana

Le corresponde a la empresa designada para tales efectos, ésta en su calidad de instalador verificará el estado de la superficie que estará en contacto con la Geomembrana el cual debe de estar libre de irregularidades, protuberancias, vegetación, agua estancada, piedras, material suelto, superficies suaves, etc., situaciones superficiales que por su composición puedan causar daños a la Geomembrana.

Previo al inicio de los trabajos de revestimientos, el Instalador, Control de Aseguramiento (QA) y el Cliente verificarán su aceptación firmaran el Formato de Recepción de Terreno (protocolo - JMS/REGT-001-13), inspeccionada asumiendo la responsabilidad del área aprobada.

El instalador no instalará sobre terreno no aprobado por el Aseguramiento de calidad / Control de Calidad (QA /QC).

b. Inspección de la materia prima

Le corresponde al Aseguramiento de calidad / Control de Calidad (QA /QC), verificar las características de la materia prima de acuerdo a la certificación enviada por el proveedor. En donde se inspeccionara características de acuerdo al protocolo para este paso. (Protocolo - JMS/REGT-001-13).

c. Inspección de rollos

Luego de la recepción del material, el supervisor, proporcionará al Aseguramiento de calidad / Control de Calidad (QA /QC), un certificado de Control de Calidad para cada dos rollos de Geomembrana proporcionados por el fabricante y se detallará en

los protocolos correspondientes. (Protocolo - JMS/REGT-001-13).

d. Inspección de recepción y almacenamiento

Todo material que llegue a obra será recepcionado por personal de Control de Calidad (QC), el que será responsable de registrar la recepción de materiales en el formato correspondiente, indicando el estado general del material.

En la descarga del material, el Control de Calidad (QC) deberá de verificar que se establezca en terreno un procedimiento de descarga de acuerdo con el equipo disponible y el tipo de transporte de origen que viene la Geomembrana, esto con la finalidad de no malograr la descarga en la zona prevista (Norma ISO 9000:2000).

e. Inspección visual

El Ingeniero de Control de Calidad (QC), realizará la inspección visual de la superficie de los rollos sin desenrollar a menos que se sospeche de daños o defectos en el interior de estas. Se verificará que la Geomembrana debe de estar libre de hoyos, cortes, dobleces, rajaduras y de cualquier materia extraña de adherencia permanente.

Se debe verificar que cada rollo de Geomembrana venga de fábrica con su etiqueta de identificación con su respectivo número y dimensiones correspondientes, así mismo cada rollo de Geomembrana debe de contar con dos eslingas para su manipulación. Estas eslingas son parte del producto y no son accesorios.

La identificación de los rollos de Geomembrana se identificará mediante su etiqueta original de fábrica en la que indique número, calidad, textura, espesor, dimensiones. En caso de que las etiquetas vengan sueltas o dañadas, el Control de Calidad (QC) deberá de verificar la información y anotar la serie del rollo en un lugar adecuado con lápiz indeleble.

Todos los rollos de Geomembrana que no tengan la adecuada documentación del fabricante, deberán de ser almacenados en un sitio separado y no deberán ser utilizados hasta que toda la documentación haya sido recibida y aprobada por el Departamento de Ingeniería del cliente y con autorización del Aseguramiento de Calidad (QA) del cliente.

El cliente o el Aseguramiento de Calidad (QA) determinarán la dimensión de los daños y la aceptación o rechazo del área dañada (Protocolo -JMS/REGT-002-13).

f. Despliegue de la geomembrana

Una vez que la materia prima ha sido verificada y aceptada por el Control de Calidad (QC), se verificará en campo que el terreno este de acuerdo a los planos, para poder iniciar con el despliegue de los rollos (Protocolo -JMS/REGT-002-13).

La instalación de geosintéticos lo realizará el supervisor de producción de terreno en coordinación con el instalador, se procederá con el despliegue tomando en cuenta que no deben dañar a la geomembrana.

El técnico de Control de Calidad deberá identificar cada panel anotando con marcador (indeleble) la información siguiente:

- N° de Panel
- N° de Rollo
- Fecha y Hora de Despliegue
- Temperatura Ambiental
- Velocidad del Viento
- Dimensión del Panel

3.6.3. Ensayos de control de calidad a la geomembrana

Una vez que la geomembrana se encuentra tendida se procede a iniciar las pegas de acuerdo al plano que se ha realizado y posteriormente se empiezan a realizar las pruebas correspondientes para cumplir con los estándares establecidos, estos ensayos a realizar son los ensayos Destructivos y No Destructivos, los que a continuación se describen y estarán plasmados dentro de los protocolos de control de Calidad (Protocolo -JMS/REGT-002-13).

Es importante mencionar que el registro de estas pruebas es esencial, para cumplir con las normas y estándares de calidad, en caso las pruebas de calidad no cumpla con lo solicitado se corregirá hasta que se esté cumpliendo con el estándar solicitado. Debemos indicar la importancia de estas pruebas pues si se llegara a omitir generaría un incremento en el costo del proyecto y un tiempo de retraso en la entrega (Protocolo -JMS/REGT-002-13).

a. Ensayos no destructivos para soldadura por extrusión

- **Prueba de vacío - ASTM D5641-01:** Descrita anteriormente, la cual será plasmada en el protocolo indicado.

- **Prueba de chispa eléctrica - ASTM 6365 - 99:** Descrita anteriormente, la cual será plasmada en el protocolo indicado.

b. Ensayos no destructivos para soldadura por fusión

- **Prueba de aire - ASTM D5820-01:** Descrita anteriormente.
- **Prueba de cuchara -** Descrita anteriormente.
- **Prueba de vacío -** Descrita anteriormente.

C. Ensayos destructivos (ASTM D6392-99)

3.6.4. Formatos de control de calidad

Por cada trabajo a ser ejecutado diariamente, se preparará una carpeta con toda la información recogida en terreno debidamente ingresada a los formatos por el personal de Control de Calidad (QC) del instalador, posteriormente la información y los formatos son revisados por Control de Aseguramiento (QA) del cliente, asimismo revisar los testigos de destructivos de fusión y extrusión para firmar sus respectivos protocolos en señal de conformidad (Protocolo JMS/REGT 2013).

Una vez que los formatos contengan las firmas de conformidad por parte del Cliente, se preparan los croquis para realizar la caminata previa de entrega, con las firmas de revisión y aprobación (Protocolo -JMS/REGT-002-13).

Los formatos de control de calidad se adjuntan en los apéndices. A continuación detallamos los que vamos a utilizar para nuestro caso:

Tabla 14. Protocolos de Calidad

ITEM	DESCRIPCIÓN	COD. DOCUMENTO	REV.
01	Registro (Croquis) para entrega de área	JMS/REGT-001-13	0
02	Registro de recepción y almacenamiento de geomembrana	JMS/REGT-002-13	0
03	Inspección Visual en campo	JMS/REGT-003-13	0
04	Despliegue de Geomembrana	JMS/REGT-004-13	0
05	Prueba Inicial de Soldadura por Fusión	JMS/REGT-005-13	0
06	Prueba inicial de soldadura por Extrusión	JMS/REGT-006-13	0
07	Uniones por Fusión	JMS/REGT-007-13	0
08	Soldadura por Fusión	JMS/REGT-008-13	0
09	Soldadura por Extrusión	JMS/REGT-009-13	0
10	Ensayos destructivos Soldadura por Fusión	JMS/REGT-010-13	0
11	Ensayos destructivos Soldadura por Extrusión	JMS/REGT-011-13	0
12	Registro de aceptación de panel y unión de Geomembrana	JMS/REGT-012-13	0

Fuente: Elaboración propia.

3.6.5. Elaboración de los protocolos a usar en el proyecto concreto: Poza Cajamarquina

En este ítem presentaremos la elaboración de los protocolos necesarios usados en un sistema de Control de Calidad en el proyecto **“Colocación de Geomembrana en la Poza Cajamarquina”**, el cual es importante tener dentro de un proyecto, además que se entregará al finalizar la construcción, así como mantener un registro ante cualquier auditoria que se tenga que realizar.

Se va a seguir la secuencia detallada paso a paso para cuando se tenga este tipo de proyecto, se debe indicar que no será único pues esto variará dependiendo del Ingeniero de Control de Calidad y de acuerdo al Plan de Calidad que sea aprobado.

Así también mencionaremos todas las partidas que se van a seguir durante la construcción de la Poza, tal cual se menciona en el flujograma de la metodología.

a. Instalación de geomembrana

Para realizar este trabajo, es importante contar con los técnicos y profesionales adecuados, evitando que la falta de experiencia de alguno de ellos origine problemas durante la soldadura trayendo como consecuencia fallas a futuro.

Cada uno de los protocolos originados estará dentro de los anexos de la tesis.

b. Aceptación de la superficie: Previo al inicio de los trabajos de revestimientos, el instalador, Control de Aseguramiento y/o Calidad y el Cliente, verificaran su aceptación firmaran el Formato de Recepción de Terreno inspeccionada asumiendo

la responsabilidad del área aprobada (Protocolo JMS/REGT 2013).

- c. **Recepción y almacenamiento de geomembrana:** Se verificará que el material recibido en campo esté en condiciones normales para su uso. Se registrará y cuantificar los daños identificando el origen de los mismos (fábrica, transporte, descarga y/o manipulación por terceros) (Protocolo JMS/REGT 2013).

Inspección visual: La inspección visual de la superficie de los rollos se realizará sin desenrollar a menos que se sospeche de daños o defectos en el interior de estas. La geomembrana debe de estar libre de hoyos, cortes, dobleces, rajaduras y de cualquier materia extraña de adherencia permanente. Cada rollo debe contar con un certificado de control de calidad, emitida por el fabricante o un organismo competente, estos certificados lo maneja el departamento de logística del cliente (Protocolo JMS/REGT 2013).

- d. **Despliegue de geomembrana:** La instalación de geosintéticos consiste en desplegar la geomembrana en terreno, para lo cual el supervisor de producción de terreno en coordinación con el instalador, procederán con el despliegue tomando en cuenta los siguientes aspectos, los que se anotaran en el protocolo (Protocolo JMS/REGT 2013).

- e. **Prueba inicial de soldadura por fusión:** Este proceso será usado para soldar paneles adyacentes de geomembrana y no será usado para parchar o realizar trabajos de detalle. Todo este procedimiento será registrado en el protocolo. JMS/REGT-005-13.

- f. Prueba inicial de soldadura por extrusión:** Este proceso será usado específicamente para reparaciones de parchado y detalles especiales de fabricación de geomembranas. Todo este procedimiento será registrado en el protocolo. JMS/REGT-006-13.
- g. Registro de soldadura uniones por fusión:** Este método de soldadura consiste en la unión de los bordes del traslapo de dos láminas, y será usado para soldar paneles adyacentes de geomembrana y no será usado para parchar o realizar trabajos de detalle. JMS/REGT-007-13.
- h. Registro de soldadura por fusión:** Es el mismo método utilizado para la soldadura por fusión, solo que se debe tener en cuenta que las uniones soldadas deben orientarse de forma paralela a la dirección de máxima pendiente, o a lo más a 30° de está a fin de permitir que no levante o doble los traslapes. Se utiliza el formato JMS/REGT-008-13 para registrar.
- i. Registro de soldadura por extrusión:** Consiste en la unión de paneles por medio de la formación de un cordón de aporte, del mismo tipo de polímero que la geomembrana instalada, a lo largo del borde visible del traslapo existente entre las láminas a unir. Se utiliza el formato JMS/REGT-009-13 para registrar.
- j. Registro de ensayos destructivos soldadura por fusión:** Los ensayos destructivos se realizarán de acuerdo a las especificaciones en lugares seleccionados y marcados por el cliente, se solicita una muestra destructiva mínima cada 100

metros lineales para la soldadura por fusión, esto se registra utilizando el formato JMS/REGT-010-13.

k. Registro de ensayos destructivos soldadura por extrusión: Consiste en obtener una muestra destructiva mínima cada 100 metros lineales de soldadura en empalmes y cada cierta cantidad de parches que tengan Control de Calidad al 100% y que acumulen un promedio de 100 metros lineales. Se utiliza el formato JMS/REGT-011-13 para registrar.

l. Registro de aceptación de panel y unión de geomembrana: Una vez que se ha realizado todo el trabajo de soldadura se registra en el formato JMS/REGT-012-13 la aceptación del trabajo.

CAPÍTULO IV

4. Análisis y discusión de resultados

El presente trabajo contempla los parámetros necesarios para realizar el seguimiento óptimo de un trabajo que nos garantice que los trabajos realizados con el Polietileno de Alta Densidad (HDPE), de una poza revestida con geomembrana, sí cumple con los parámetros establecidos por la norma ISO 9001:2000, los mismos que fueron instalados de manera adecuada a fin de lograr una estructura durable y sostenible durante el tiempo para el cual ha sido diseñado, determinándose la calidad durante la construcción.

Cabe mencionar que los protocolos han sido elaborados para implementar el Dossier de Calidad y realizar un Aseguramiento de la Calidad, siendo importantes y necesarios para complementar éste trabajo. Así se elaboraron 12 protocolos básicos como: Croquis para área de entrega, registro de recepción y almacenamiento de geomembrana, inspección visual en campo, despliegue de geomembrana, prueba inicial de soldadura por fusión en geomembrana, prueba inicial de soldadura por extrusión en geomembrana, uniones por fusión, soldadura por fusión, soldadura de extrusión, ensayos destructivos por fusión, ensayos destructivos por extrusión, aceptación de panel y unión de geomembrana; cuyos detalles se encuentran dentro del Anexo I.

Así también, debemos indicar que los protocolos han sido diseñados de acuerdo a los ensayos antes mencionados, en donde se encontrará aspectos similares en el *Título y la Parte Informativa*, variando en el *Cuerpo* del protocolo que es diferente para cada ensayo.

De igual manera, podemos decir que los protocolos son parte importante y fundamental, porque en ellos encontraremos los resultados de las pruebas que se han realizado in situ, verificando que se está cumpliendo con los

estándares de diseño; además de que éstos siguen siendo utilizados en otros proyectos para realizar el Control de Calidad a la geomembrana, pudiendo ser modificados o no, dependiendo del trabajo y del responsable del Control de Calidad.

De otra manera podemos afirmar que algunas obras de construcción, persiste la idea de que no es necesaria la elaboración de un documento tan importante como es el protocolo, el cual sirve como base para la elaboración del Dossier de Calidad de la obra que se entregará al cliente a fin de demostrar que se realizaron los controles necesarios para asegurar la calidad del servicio/producto entregado.

Cabe resaltar que cualquier proyecto que no cuente con los protocolos para el control de Calidad es probable que no ofrezca la garantía del servicio prestado, ya que no están definidos los controles a realizar ni las condiciones para cumplir con lo ofrecido. Este sistema es una herramienta para la gestión efectiva de la obra, y no debe ser visto como un documento innecesario, sino como un medio para asegurar la calidad de la obra, tal como lo afirma en la tesis "Gestión de Calidad: Protocolo de Terminaciones En Muros De Albañilería" el ingeniero Kevin Karl Wittwer Bachmann de la Universidad Austral de Chile - Facultad de Ciencias de la Ingeniería- Escuela Ingeniería en Construcción -2007.

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

Conclusión

En la presente tesis de investigación, se concluye que la utilización de los protocolos, permiten verificar el cumplimiento de los parámetros del Aseguramiento de la Calidad en la Construcción usando Polietileno de Alta Densidad, de acuerdo a Estándares de la Calidad y bajo los parámetros de la ISO 9001:2000.

Recomendación

Se recomienda realizar las pruebas de calidad de todos los materiales a usar durante la etapa de construcción, y mantener éste registro en los protocolos de manera que asegure que la construcción se realice de acuerdo a diseño y normas establecidas tanto nacionales como internacionales.

Referencias Bibliográficas

Alfaro, OC. 2008. Universidad Católica del Perú, en la Tesis Profesional Titulada "Sistemas de Aseguramiento de la Calidad en la Construcción", Lima-Perú. 100 p.

Grima, P; Tort, M. 1995. Técnicas para la gestión de la calidad. Editorial. Díaz de Santos S.A. 2 ed. España. 128 p.

Guía de Interpretación de la Ntp-ISO 9001:2001. Para el sector construcción.

Guía metodológica de la Ntp-ISO 9001:2001.gerencia de proyectos para el sector construcción.

Harrington, J. 1997. "Administración Total del Mejoramiento Continuo". Colombia.

Holtz, RD; Christopher, BR, and Berg, RR. 1997. Geosynthetic Engineering. BiTech Publishers, Richmond, British. Canada. 452. p.

_____. 2008. "Geosynthetic Design & Construction Guidelines", FHWA, Publication N°. FHWA NHI-07-092, NHI Course N° 132013. USA. 233 p.

Leiro, A; Blanco, M. 1990. Los geotextiles como nuevos materiales orgánicos en la Obra Pública. Monografías CEDEX, M-17. Madrid. 230 p.

_____. 2001. Los ensayos y la normativa técnica nacional e internacional. II Simposio Nacional Geosintéticos, organizado por la Asociación Técnica de la Carreteras, el capítulo español de la IGS y los Ministerios de Fomento y Medio Ambiente. Madrid. España. 250 p.

_____. 2002. Performance of synthetics geomembranes used in waterproofing of reservoirs. VII Geosynthetics. Delmas, Gourc and

Girard (Eds.). Editorial Balkema pp. 979-982. Róterdam. Holanda. 220 p.

López, F. 2012. Especificaciones de construcción con geosintéticos. 2 ed. Costos de calidad. Fecha de Consulta C/03 / 07/14. Documento en línea. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos75/costos-calidad-calidad-gestion/costos-calidad-calidad-gestion2.shtml>.

Koerner, R. 1999. Diseño con Geosintéticos. 4 ed. 1,999. Editorial Prentice Hall. Perú. 122 p. Fecha de consulta 11/08/14. En línea. Consultado en [http://www.umag.cl/ Geosintéticos /2010.pdf](http://www.umag.cl/Geosintéticos/2010.pdf).

Mentzer, CV. 2005. Análisis global en la construcción con polietileno de alta densidad con propósitos de impermeabilización en el desarrollo de proyectos de ingeniería. España. Valencia 112. p. Fecha de consulta 11/08/14. En línea. Consultado en <http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/españa.mentzer.pdf>

Moreno, PF; Botero, BL. 2001. "Gestión de la calidad ISO 9000 para Empresas de Construcción".

Organización Internacional para la Estandarización (ISO). 2001. Norma ISO 9000:2000 "Sistemas de gestión de calidad. Versión. 1. 150. p.

Protocolo -JMS/REGT-002- 20013. Protocolo para Inspección Visual. 126 p.

Publicación especializada en calidad. 2005. "Experiencias sobre aplicación de sistemas de calidad en empresas constructoras de Sudamérica". Vol. N° 003. p. 1- 42.

Rubén, GS. 2003. "Avances en la Calidad en la Construcción en el Perú y su Proyección Internacional".

_____. 2005. "Costos de la no calidad en el Perú". Revista "Construcción Moderna en el Perú."

Sánchez, M. 2001. *Calidad Total: Organizaciones de Calidad, Organizaciones de Éxito*. Ediciones Libertarias. Madrid, España.

Tobón, LF. 2000. "Memorias Foro Internacional ISO 9000".

Valencia, GM. 2010. *Construcción de pozas con Geomembrana de Polietileno de Alta Densidad con propósitos de impermeabilización en el desarrollo de proyectos de ingeniería*. Universidad de Magallanes. Punta Arenas. Chile 15. p. Fecha de consulta 11/08/14. En línea. Consultado en <http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/2010.pdf>.

Wittwer, KK. 2007. Universidad Austral de Chile, en la Tesis Profesional Titulada "Gestión de Calidad: Protocolo de Terminaciones en Muros de Albañilería", Valdivia – Chile. 56p.

ANEXO I

PLANOS

De acuerdo al proyecto se ha detallado los planos para un mejor detalle en los protocolos que se va a usar.

PROTOCOLOS DE CALIDAD:

Se detalla a continuación los protocolos que se han elaborado

- Registro (Croquis) para entrega de área
- Registro de recepción y almacenamiento de geomembrana
- Inspección Visual en campo
- Despliegue de Geomembrana
- Prueba Inicial de Soldadura por Fusión
- Prueba inicial de soldadura por Extrusión
- Uniones por Fusión
- Soldadura por Fusión
- Soldadura por Extrusión
- Ensayos destructivos Soldadura por Fusión
- Ensayos destructivos Soldadura por Extrusión
- Registro de aceptación de panel y unión de Geomembrana

**PANEL FOTOGRÁFICO "ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA
CONSTRUCCIÓN USANDO POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD (HDPE)"**

DESCRIPCION DEL AMBIENTE DE LA POZA CAJAMARQUINA



Foto N° 01: Área entregada para la colocación de la geomembrana.

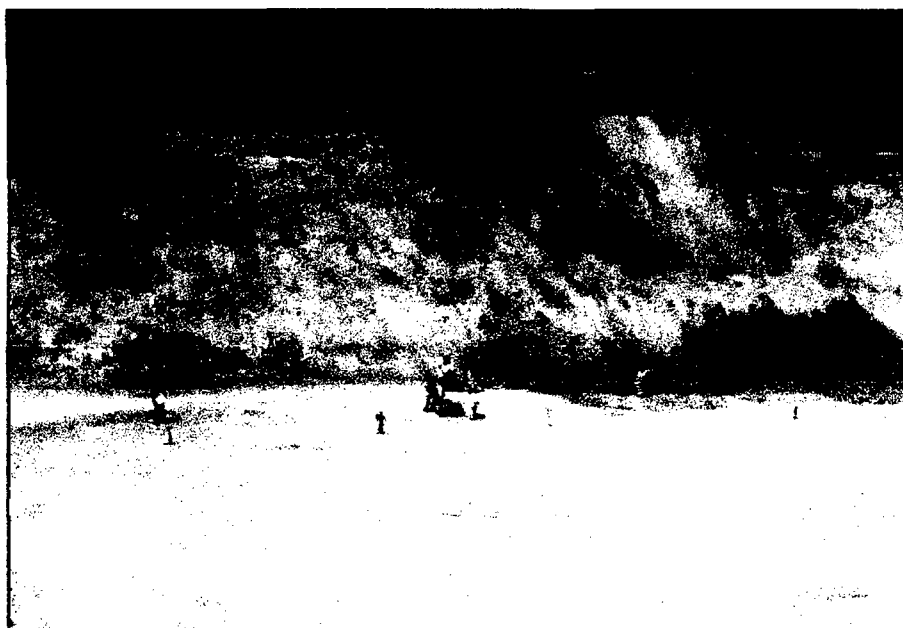


Foto N° 02: Personal realizando la limpieza manual del talud.



Foto N° 03: Área destinada al almacenamiento de materiales.



Foto N° 04: Despliegue de la Geomembrana con ayuda de excavadora (1° paso).

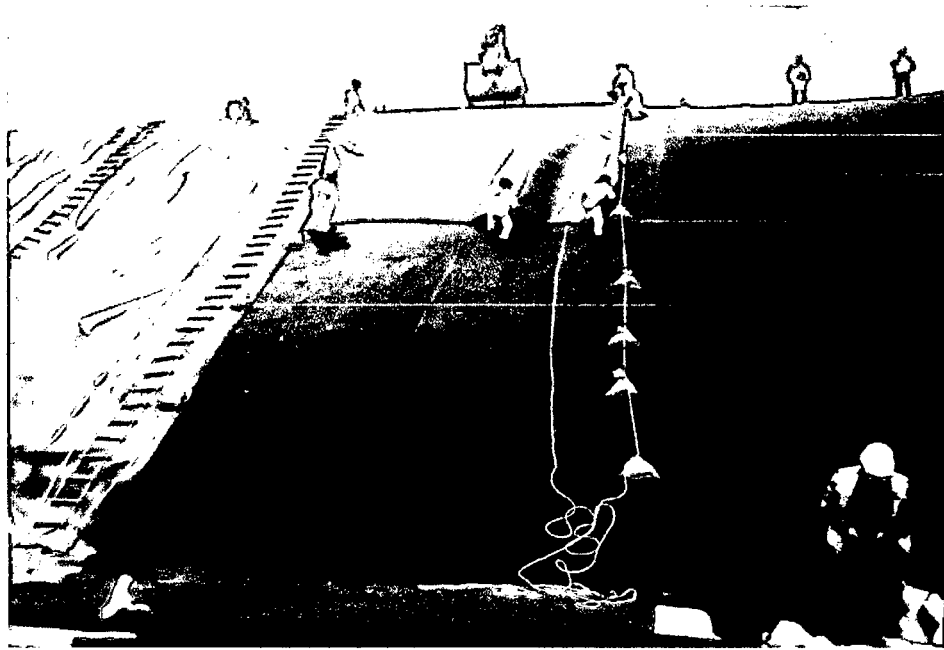


Foto N° 05: Despliegue de la Geomembrana en uno de los taludes sobre el geotextil (2° paso).

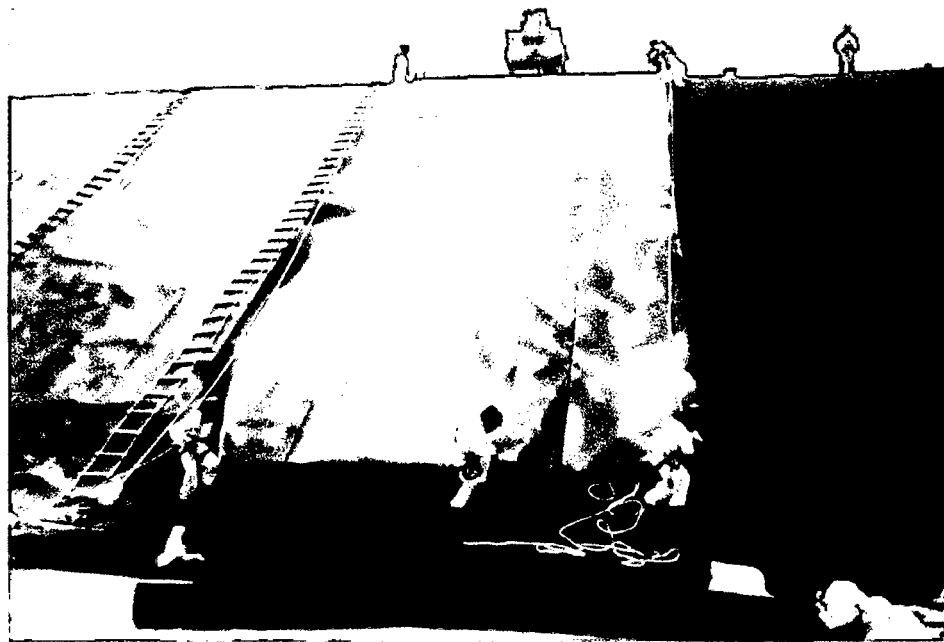


Foto N° 06: Despliegue de la Geomembrana en uno de los taludes sobre el geotextil (3° paso).



Foto N° 07: Vista lateral del Despliegue de la Geomembrana en uno los taludes sobre el geotextil.

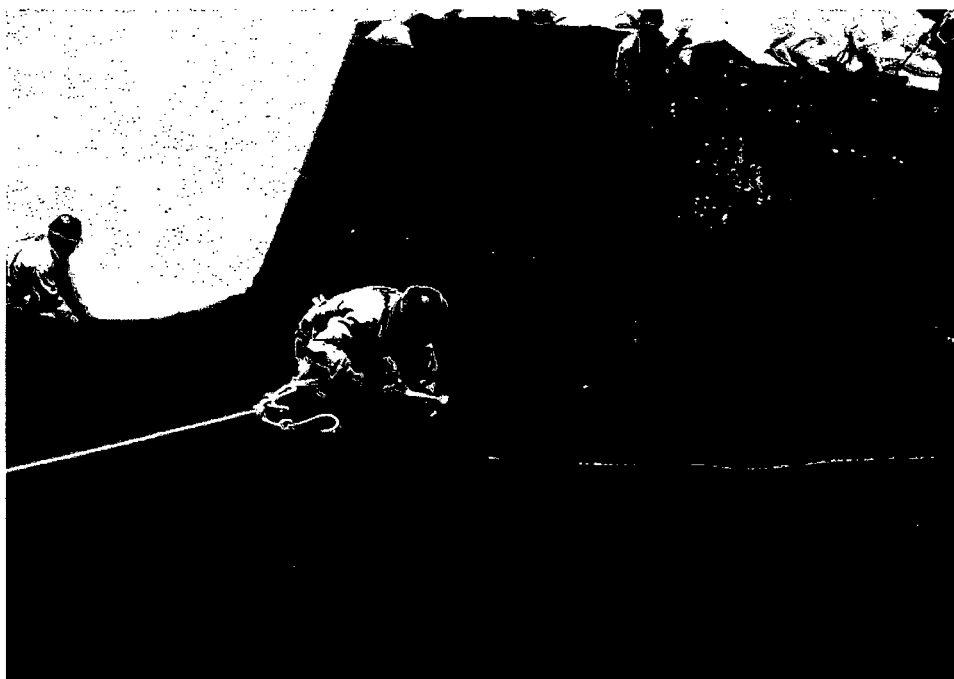


Foto N° 08: Traslape y soldadura de la Geomembrana.



Foto N° 09: Soldadura de la Geomembrana.



Foto N° 10: Detalle del anclaje de la Geomembrana



Foto N° 11: Retiro de material punzante y partículas que excedan el tamaño máximo nominal en la base.



Foto N° 12: Inspección y prueba de extrusión (Prueba de máquina) en cresta de talud.



Foto N° 13: Verificación de la calibración del equipo en campo.



Foto N° 14: Realización del rotulado de especímenes para pruebas..

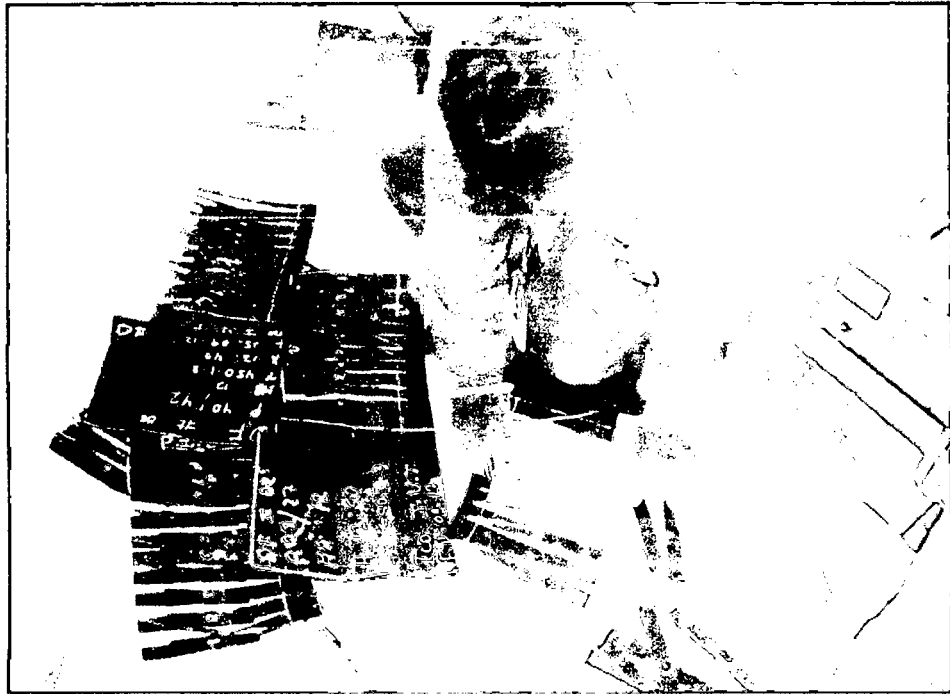


Foto N° 15: Realización de ensayos destructivos en gabinete.



Foto N° 16: Realización de ensayos in situ (Prueba de aire).



Foto N° 17: Instalación del manómetro en la prueba de aire.



Foto N° 18: Verificación de cupones después de realizar las pruebas en el tensiómetro.



Foto N° 19: Realización de ensayos in situ de la prueba de vacío.



Foto N° 20: Realización de ensayos in situ de la prueba inicial de cuña.



Foto N° 21: Realización de ensayos in situ de la soldadura por extrusión.



Foto N° 22: Realización de ensayos in situ de la soldadura por extrusión.

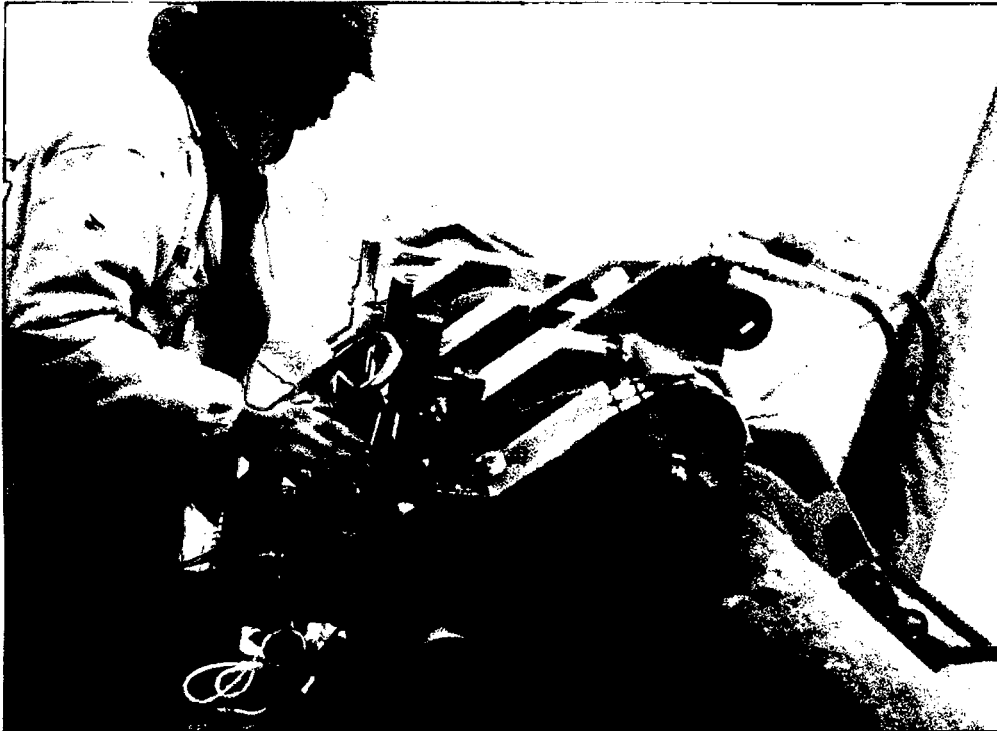


Foto N° 23: Ensayos realizados de termofusión.



Foto N° 24: Realización de ensayos in situ, prueba de la cuchara.



Foto N° 25: Colocación de hilo de cobre en soldadura por extrusión.



Foto N° 26: Limpieza y retiro de material sobrante en la poza.



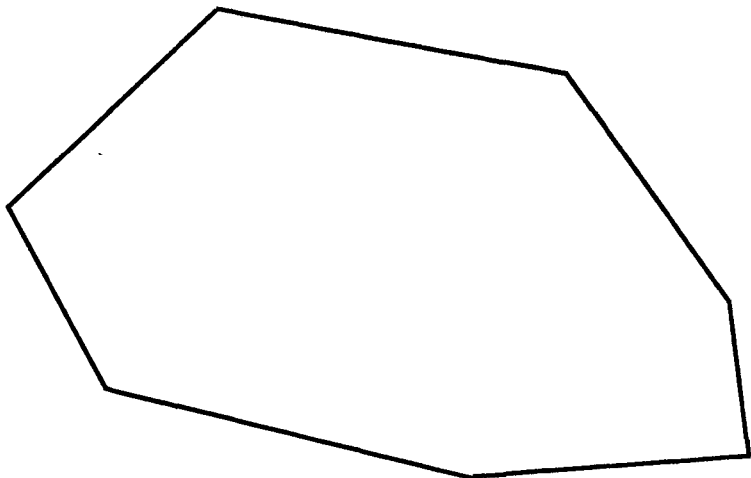
FORMATO - CONTROL DE CALIDAD.

CROQUIS PARA ENTREGA DE AREA

Cod.: JMS/REGT-001-13
Versión : 0
Fecha: Noviembre 12
Especialidad : Civil

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA CAJAMARQUINA
AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS
CODIGO DE FACILIDAD: _____
PLANOS: PIC-2470-20-009-02

PROTOCOLO N°: 1
FECHA: 15-Feb
CONTRATISTA: _____
HOJA: DE



APROBACIONES:

QC Contratista:	Supervisor del Contratista:	Supervisor Cliente:	QA Cliente:
Nombre : _____	Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____



FORMATO - CONTROL DE CALIDAD.

REGISTRO DE RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE GEOMEMBRANA

Cod.: JMS/REGT-002-13
 Versión : 0
 Fecha: Noviembre 12
 Especialidad : Civil

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA CAJAMARQUINA
AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS
CODIGO DE FACILIDAD: _____
PLANOS: PIC-2470-20-009-02

PROTOCOLO N°: 01
FECHA: 16-Feb
CONTRATISTA: _____
HOJA: DE

Fecha	N° De Rollo	Material	Tipo	Peso	Largo (m)	Ancho (m)	Observaciones
15-Feb	15	HDPE	LISA	2128	1550	6.8	Conforme
15-Feb	16	HDPE	LISA	2986	1028	6.8	Conforme
15-Feb	17	HDPE	LISA	2986	1030	6.8	Conforme
15-Feb	18	HDPE	LISA	2986	1030	6.8	Conforme
15-Feb	19	HDPE	LISA	2986	1028	6.8	Conforme
15-Feb	20	HDPE	LISA	2986	1028	6.8	Conforme

APROBACIONES:

QC Contratista: Nombre : _____ Fecha: _____ Firma: _____	Supervisor del Contratista: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____	Supervisor Cliente: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____	QA Cliente: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____
--	---	---	---



FORMATO - CONTROL DE CALIDAD.

Cod.: JMS/REG1-003-13
 Versión : 0
 Fecha: Noviembre 12
 Especialidad : Civil

INSPECCION VISUAL EN CAMPO

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA CAJAMRQUINA
 AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS
 CODIGO DE FACILIDAD: _____
 PLANOS: PIC-2470-20-009-03

PROTOCOLO N°: 001
 FECHA: 1-14-Feb
 CONTRATISTA: _____
 HOJA: DE

Rollo N°	Etiqueta N°	Fecha de fabricación	Geomembrana			Geomembrana presenta				OBSERVACIONES	Técnico Q.C.
			Textura	Espesor (mm)	Dimensiones (m2)	Hoyos	Cortes	Rajaduras	Doblecés		
1	15	16/03/2012	SIMPLE	2.00	2170	N/P	N/P	N/P	N/P	C	PEDRO CHILON
2	16	16/03/2012	SIMPLE	2.00	2170	N/P	N/P	N/P	N/P	C	

OBSERVACIONES:

APROBACIONES:

QC Contratista:	Supervisor del Contratista:	Supervisor Cliente	QA Cliente:
Nombre : _____	Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____



FORMATO - CONTROL DE CALIDAD.

DESPLIEGUE DE GEOMEMBRANA

Cod.: JMS/REGT-004-13

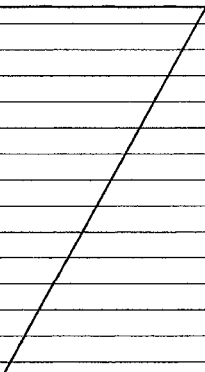
Versión : 0

Fecha: Noviembre 12

Especialidad : Civil

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA CAJAMARQUINA
AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS
CODIGO DE FACILIDAD: _____
PLANOS: PIC-2470-20-009-04

PROTOCOLO N°: 001
FECHA: 15-Feb
CONTRATISTA: _____
HOJA: 01 de 01

Panel N°	Rollo N°	Hora de Instalado	Area Bruta			Area Neta			Geomembrana			OBSERVACIONES	Técnico Q.C.	
			Largo (m)	Ancho (m)	Area panel (m2)	Largo (m)	Ancho (m)	Area panel (m2)	Espesor (mm)	Calidad	Textura			
01	903010689	13:30	48	7	336	46.4	5.6	259.84	2.00	HDPE	S		JOSE CHILÓN	
02	903010689	13:40	46	6.9	317.4	44.6	6.0	267.6	2.00	HDPE	S			
03	903010689	13:47	45	6.8	306	43.8	6.2	271.56	2.00	HDPE	S			
04	903010689	13:55	45	6.6	297	43.4	6.0	260.4	2.00	HDPE	S			
05	903010689	14:07	9.8	6.8	66.64	7.2	6.4	46.08	2.00	HDPE	S			
INICIO INSTALACIÓN: 13:30			TOTAL DIA (m2)			1323.04	TOTAL DIA (m2)			1105.48	HDPE DIA(m2) :			1105.48
FINAL INSTALACIÓN: 14:07			ACUMULADO (m2)			1323.04	ACUMULADO (m2)			1105.48	VFPE DIA(m2) :	-----	VFPE ACUM.(m2) :	-----

OBSERVACIONES:

APROBACION:

QC Contratista:	Supervisor del Contratista:	Supervisor Cliente:	QA Cliente:
Nombre : _____	Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____



FORMATO - QUALITY CONTROL

Cod.: JMS/REGT-005-13
 Versión: 0
 Fecha:
 Especialidad: Civil

PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA POR FUSION EN GEOMEMBRANA

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA CAJAMARQUINA
 PLANOS N°: PIC-2470-20-009-02
 AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS

PROTOCOLO N°: 001
 FECHA: 15-Feb
 CONTRATISTA: _____

Valores Mínimos para Geomembrana 2,00 mm Peel (VFPE 96 Lb/pulg , HDPE 134,4 Lbs/pulg) ; Shear (VFPE 112 Lb/pulg , HDPE 151,2 Lbs/pulg) VFPE 2,5 mm Peel (VFPE 120 Lbs/Pulg) ; Shear (VFPE 140 Lbs/Pulg)

Prueba N°	Hora	Fecha	Temperatura		Maquina N°	Técnico Soldador	Peel		Shear			Geomembrana			Técnico QC
			Amb. °C	Cuña			Máx.Tracción ...Lb/Pulg	Pasa ó Falta	Máx.Tracción ...Lb/Pulg	% Strain	Pasa ó Falta	Espesor (mm)	Calidad	Textura	
				°C / Velocid.											
001	13:00	15-Feb	12°C	450 / 1.5	012	Cueva	160 / 163	Pasa	237	> 100%	PASA	2.00	HDPE	S	JOSE CHILON
							162 / 164	Pasa	241	> 100%	PASA				
	13:07	15-Feb	12°C			Ilovento	161 / 158	Pasa	/	/	/				
							162 / 165	Pasa	/	/	/				
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	

Boton de Calibracion : _____ Placa de Calibracion : _____ % de Error : _____

OBSERVACIONES: _____

APROBACIÓN:

QC Contratista: Nombre : _____ Fecha: _____ Firma: _____	Supervisor del Contratista: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____	Supervisor Cliente Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____	QA Cliente: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____
--	---	--	---



FORMATO - CONTROL DE CALIDAD.

Cod.: JMS/REGT-008-13
 Versión : 0
 Fecha: Noviembre 12
 Especialidad : Civil

PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA POR EXTRUSION EN GEOMEMBRANA

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA CAJAMARQUINA
 AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS
 CODIGO DE FACILIDAD: _____
 PLANOS: PIC-2470-20-009-02

PROTOCOLO N°: 001
 FECHA: 15-Feb
 CONTRATISTA: _____
 HOJA: DE

Mínimos para Geomembrana 2.00 mm Peel (VFPE Lbs/pulg, HDPE 100.8 Lbs/pulg); Shear (VFPE Lbs/pulg , HDPE 1 151.2 Lbs/pulg); VFPE mm Peel (VFPE Lbs/Pulg), Shear (VFPE l

Prueba N°	Hora	Fecha	Temperatura		Maquina N°	Técnico Soldador	Peel		Shear		Geomembrana			Técnico QC		
			Amb. °C	Extrusora °C / AC.			Máx.TracciónPulg	Pasa ó Falla	Máx.TracciónPulg	% Strain	Pasa ó Falla	Espesor (mm)	Calidad		Textura	
001	12:45	15-Feb	08°C	240 / 300	07	Pedro Chilón	153	PASA	239	7	PASA	2.00	HDPE	S	JOSE CHILON	
	162						PASA	246	PASA							
	158						PASA									
	152						PASA									

Boton de Calibracion : _____ Placa de Calibracion : _____ % de Error : _____

OBSERVACIONES: _____

APROBACION :

QC Contratista: Nombre : _____ Fecha: _____ Firma: _____	Supervisor del Contratista: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____	Supervisor Cliente: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____	QA Cliente: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____
--	---	---	---



FORMATO - CONTROL DE CALIDAD.

UNIONES POR FUSION

Cod.: JMS/REGT-007-13
 Versión : 0
 Fecha: Noviembre 12
 Especialidad : Civil

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA CAJAMRQUINA
 AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS
 CODIGO DE FACILIDAD: _____
 PLANOS: PIC-2470-20-009-05

PROTOCOLO N°: 001
 FECHA: 15-Feb
 CONTRATISTA: _____
 HOJA: DE

No. Unión	Fecha	Hora Inicio	Unión	Maquina N°	Temperatura y Velocidad °C/m/mín.	Tecnico Soldador	Longitud		Comentarios	Técnico Q.C.
							Unión (m)	Acum. Día (m)		
1	15-Feb	15:22	01/02	12	450 / 1.5	I. CUEVA	45.00	45		JOSE CHILON
2	15-Feb	15:25	02/03	12	450 / 1.5	I. CUEVA	43.00	88.00		
3	15-Feb	15:30	03/05	12	450 / 1.5	I. CUEVA	40.00	128.00		
4	15-Feb	15:33	06/09	12	450 / 1.5	I. CUEVA	38.00	166.00		
5	15-Feb	15:38	02/08	12	450 / 1.5	I. CUEVA	41.00	207.00		
			/		/					
			/		/					
			/		/					
			/		/					
			/		/					
							TOTAL DIA (ml)	634		
							TOTAL ACUM. (ml)	856		

ant. Soldadura Día / Máquir
 Cuña No. ml
 Cuña No. ml
 Cuña No. ml
 Cuña No. ml
 Cuña No. ml

OBSERVACIONES: _____

APROBACIONES:

QC Contratista:	Supervisor del Contratista:	Supervisor Cliente:	QA Cliente:
Nombre : _____	Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____



FORMATO - CONTROL DE CALIDAD.

Cod.: JMS/REGT-008-13
 Versión : 0
 Fecha: Noviembre 12
 Especialidad : Civil

SOLDADURA POR FUSION

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA DE CAJAMARQUINA **PROTOCOLO N°:** 001
AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS **FECHA:** 15-Feb
CODIGO DE FACILIDAD: _____ **CONTRATISTA:** _____
PLANOS: PIC-2470-20-009-02 **HOJA:** DE

N° Prueba	No. Unión	Fecha	Técnico Soldador	Máquina N°	AIR TEST				Pasa ó Falla	N°	PICK TEST			Técnico Q.C.		
					Tiempo (Hr.)		Presión (PSI)				Inicio	Término	Inicio		Término	Falla
					Inicio	Término	Final									
001	01 / 02	15/02/2013	I.C	12	14:23	14:28	35	35	PASA	001	14:24	14:25	P	JOSE CHILON		
002	02 / 03	15/02/2013	I.C	12	14:35	14:40	35	34	PASA	002	14:36	14:37	P			
003	03 / 04	15/02/2013	I.C	12	14:44	14:49	35	35	PASA	003	14:45	14:46	P			

OBSERVACIONES: _____

APROBACIONES: _____

QC Contratista:	Supervisor del Contratista:	Supervisor Cliente:	QA Cliente:
Nombre : _____	Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____



FORMATO - CONTROL DE CALIDAD.

Cod.: MS/REGT-009-13

Versión : 0

Fecha: Noviembre 12

Especialidad : Civil

SOLDADURA DE EXTRUSIÓN

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA CAJAMARQUINA **Q** 001

AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS **FECHA:** 16-Feb

CODIGO DE FACILIDAD: _____ **CONTRATISTA:** _____

PLANOS: PIC-2470-20-009-02 **HOJA:** _____ **DE** _____

Parche o Cordon N°	N° Diario de Parche por Tecnico	Fecha de Soldado	Hora de Soldado	Numero de Maquina	Técnico Soldador	Temperatura °C / A.C.	Ubicación	Longitud Soldadura ml	VACUUM TEST		SPARK TEST		Comentarios	Técnico QC
									Test (Pasa / Falla)	Reparación (Pasa / Falla)	Test (Pasa / Falla)	Reparación (Pasa / Falla)		
01	06	16-02-13	08:50	07	P.C	240/300	P 15 - P16	2.00	PASA	-----	PASA	-----	/	FREDY HUARIPATA
02	05	16-02-13	09:18	07	P.C	240/300	P 12 - P13	1.50	PASA	-----	PASA	-----		
03	03	16-02-13	09:07	07	P.C	240/300	P 12 - P13	3.00	PASA	-----	PASA	-----		
04	05	16-02-13	09:36	07	P.C	240/300	P 11 - P12	10.00	PASA	-----	PASA	-----		
05	04	16-02-13	08:40	10	I.L	240/300	P 14 - P15	1.20	PASA	-----	PASA	-----		
						/								
						/								
						/								
						/								
						/								
						/								
CANT. SOLDADURA DÍA (ml)								17.70		ACUMULADO (ml)		20.30		

OBSERVACIONES: _____

APROBACIONES:

QC Contratista:	Supervisor del Contratista:	Supervisor Cliente:	QA Cliente:
Nombre : _____	Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____



FORMATO - CONTROL DE CALIDAD.

Cod.: JMS/REGT-010-13
 Versión : 0
 Fecha: Noviembre 12
 Especialidad : Civil

ENSAYOS DESTRUCTIVOS POR FUSIÓN.

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA CAJAMARQUINA **PROTOCOLO N°:** 001
AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS **FECHA:** 07-Mar
CODIGO DE FACILIDAD: _____ **CONTRATISTA:** _____
PLANOS: PIC-2470-20-009-02 **HOJA:** DE

IDENTIFICACION DE LA DESTRUCTIVA		PEEL (Min.:134.4.....)			Pasa ó Falla	SHEAR (Min.:151.2.....)			Pasa ó Falla	ESPESOR (mm)	
		...Lb.../Pulg	Tipo Falla	%Despegue		Lb/Pulg	Tipo Falla	%Strain		Superior	Inferior
Destructiva No.	DF - 01	161 / 163	FTB	0%	PASA	193	FTB	7	PASA	1.99	1.97
Fecha de Soldado	15-Feb	162 / 165	FTB	0%	PASA	207	FTB		PASA	1.98	1.99
N° de Máquina	12	161 / 158	FTB	0%	PASA	212	FTB		PASA	1.96	1.98
Técnico	I.C.	160 / 163	FTB	0%	PASA	198	FTB		PASA	1.99	2.00
Unión de Paneles	P15-P13	161 / 164	FTB	0%	PASA	202	FTB		PASA	1.99	1.98
Destructiva No.	DF - 07	160 / 162	FTB	0%	PASA	189	FTB	7	PASA	1.97	2.00
Fecha de Soldado	22-Feb	159 / 163	FTB	0%	PASA	201	FTB		PASA	1.99	1.96
N° de Máquina	10	161 / 162	FTB	0%	PASA	221	FTB		PASA	1.97	1.99
Técnico	M.H	160 / 163	FTB	0%	PASA	214	FTB		PASA	2.00	1.98
Unión de Paneles	P40 - P41	161 / 162	FTB	0%	PASA	199	FTB		PASA	1.99	1.96

Lectura de Calibracion : _____ **Valor Placa de Calibracion :** _____ **% Error :** _____

OBSERVACIONES : _____

APROBACIONES: _____

QC Contratista:	Supervisor del Contratista:	Supervisor Cliente:	QA Cliente:
Nombre : _____	Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____



FORMATO - ASEGURAMIENTO DE CALIDAD.

ENSAYOS DESTRUCTIVOS POR EXTRUSIÓN.

Cod.: JMS/REGT-011-13
 Versión : 0
 Fecha: Noviembre 12
 Especialidad : Civil

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA CAJAMARQUINA **PROTOCOLO Nº:** 001
AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS **FECHA:** 07-Mar
CODIGO DE FACILIDAD: _____ **CONTRATISTA:** _____
PLANOS: PIC-2470-20-009-02 **HOJA:** DE

IDENTIFICACION DE LA DESTRUCTIVA		PEEL (Min.: 100.8)			Pasa ó Falla	SHEAR (Min.: 151.2)			Pasa ó Falla	ESPESOR (mm)	
		Lb/Pulg	Tipo Falla	%Despegue		Lb/Pulg	Tipo Falla	%Strain		Superior	Inferior
Destructiva No.	DX - 01	130	FTB	0%	PASA	199	FTB	7	PASA	1.99	1.97
Fecha de Soldado	22-Feb	133	FTB	0%	PASA	212	FTB		PASA	2.00	1.99
Nº de Máquina	7	134	FTB	0%	PASA	207	FTB		PASA	1.96	1.97
Técnico	P.C.	131	FTB	0%	PASA	198	FTB		PASA	1.99	2.00
Unión de Paneles	P17 - P18	136	FTB	0%	PASA	221	FTB		PASA	1.99	1.99
Destructiva No.	DX - 01	132	FTB	0%	PASA	202	FTB	7	PASA	1.99	2.00
Fecha de Soldado	01-Mar	129	FTB	0%	PASA	199	FTB		PASA	1.99	1.98
Nº de Máquina	3	135	FTB	0%	PASA	216	FTB		PASA	1.98	1.99
Técnico	P.C.	133	FTB	0%	PASA	207	FTB		PASA	2.00	1.99
Unión de Paneles	P39 - P40	131	FTB	0%	PASA	215	FTB		PASA	1.99	1.97

Boton de Calibracion : _____ **Placa de Calibracion :** _____ **% Error :** _____

OBSERVACIONES :

APROBACIONES:

QC Contratista:	Supervisor del Contratista:	Supervisor Cliente:	QA Cliente:
Nombre : _____	Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____
Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____	Fecha: _____
Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____	Firma: _____



FORMATO - CONTROL DE CALIDAD.

ACEPTACIÓN DE PANEL Y UNIÓN DE GEOMEMBRANA

Cod.:	JMS/REGT-012-13
Versión :	0
Fecha:	Noviembre 12
Especialidad :	Civil

NOMBRE DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE POZA CAJAMRQUINA

AREA: CONSTRUCCIÓN - MOVIMIENTO DE TIERRAS - GEOSINTÉTICOS

CODIGO DE FACILIDAD: _____

PLANOS: PIC-2470-20-009-02

PROTOCOLO N°: 1

FECHA: 15-Feb

CONTRATISTA: _____

HOJA: DE

Panel N°	Area Panel (m2)	Fecha Aprobación	Nombre QC	Panel N°	Area Panel (m2)	Fecha Aprobación	Nombre QC 1	Panel N°	Area Panel (m2)	Fecha Aprobación	Nombre QC 1	Panel N°	Area Panel (m2)	Fecha Aprobación	Nombre QC 1
1	119.04	15 de Febrero de 2014	PEDRO CHILON	1				1				1			
2	128.78			2				2							
3	61.65			3				3							
4	86.31			4				4							
5	46.20			5				5							
6	47.60			6				6							
7	40.92			7				7							
8	38.40			8				8							
9	28.00			9				9							
10	32.48			10				10							
11	10.25			11				11							

OBSERVACIONES: _____

AREA ENTREGADA M2
639.63
AREA ENTREG. ACUM. M2
639.63

APROBACIONES:

QC Contratista: Nombre : _____ Fecha: _____ Firma: _____	Supervisor del Contratista: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____	Supervisor Cliente: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____	QA Cliente: Nombre: _____ Fecha: _____ Firma: _____
--	---	---	---

ANEXO II

ANÁLISIS DE COSTO CON CONTROL DE CALIDAD Y SIN CONTROL DE CALIDAD

Queda a criterio del contratista y del personal del estado, si se utiliza una persona encargada para realizar el control de calidad durante la construcción, puesto que si bien indican que elevaría el costo de los gastos generales, mas incrementaría el costo del trabajo si éste no cumple con las especificaciones que se requieren durante la entrega del trabajo. En este acápite mencionaremos a groso modo el costo que se utilizaría en un especialista para este trabajo:

Tabla 15. Gastos Generales de un Control de Calidad

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							Documento N°: 12 Revision: 0 Date: 24-abr-13	
GASTOS GENERALES								
ITEM	PARTIDA	Und	Cant	V. Unit	Parcial	C. Fijo	C. Variable	TOTAL
1.10	STAFF PROFESIONALES					0.00	46,000.00	46,000.00
a	Ingeniero Residente							
	Sueldo	mes	2.00	8,000.00	16,000.00		16,000.00	
b	Supervisor de PdP							
	Sueldo	mes	2.00	4,000.00	8,000.00		8,000.00	
c	Control de Calidad							
	Sueldo	mes	2.00	6,000.00	12,000.00		12,000.00	
d	Control de Proyectos							
	Sueldo	mes	2.00	5,000.00	10,000.00		10,000.00	
1.20	GASTOS ADMINISTRATIVOS					0.00	11,620.00	11,620.00
a	Gastos Administrativos y seguros							
	Gerencia General	mes	0.50	10,000.00	5,000.00		5,000.00	
	Contabilidad y costos	mes	0.40	3,000.00	1,200.00		1,200.00	
	Secretaría	mes	0.40	800.00	320.00		320.00	
b	Comunicaciones							
	Teléfono Fijo + movíl e internet	mes	2.00	1,000.00	2,000.00		2,000.00	
d	Trámite de fotocheck							
	Seguro de trabajo riesgo - salud y pensión	mes	2.00	1,500.00	3,000.00		3,000.00	
1.30	FACILIDADES DE OBRA					5,250.00	0.00	5,250.00
	Alimentación	und	30.00	120.00	3,600.00			
	Conteiner de refugio	mes	2.00	300.00	600.00			
	Baño Químico	unid	3.00	350.00	1,050.00			
GASTOS GENERALES		%				US\$ 5,250.00	67,620.00	62,770.00

Fuente: (Harrington 1997).

Si bien analizamos el costo real de un especialista para este trabajo, el costo que se invierta en solucionar un trabajo cuyo impacto afecte a la empresa y a la comunidad es mucho mayor. Esto se muestra en los cuadros que a continuación se presenta y se detallan los cuatro puntos de los costos antes mencionados:

ANEXO III

Tabla 16. Costos Generados por fallas sin contar con un especialista de Control de Calidad

GASTOS QUE IMPLICARIA EN UN PROYECTO SIN ESPECIALISTA DE CONTROL DE CALIDAD					
COSTOS DE PREVENCIÓN	CUENTA		COSTOS DE EVALUACION (Detección)	CUENTA	
	SI/NO	RESPONSABLE		SI/NO	RESPONSABLE
Ingeniería de calidad	SI	CLIENTE	Inspección de materias primas	NO	
Capacitación y reclutamiento de personal	SI	ADMINISTRACION	Inspección de productos en proceso	NO	
Planeación y ejecución de programas de trabajo	SI	RESIDENTE /ING. PROGRAMACION	Inspección de productos terminado	NO	
Auditorias y reportes de Calidad	NO		Inspección de empaques	NO	
Diseño de nuevos procesos	SI	RESIDENTE/INGENIERIA	Aceptación de productos	SI	RESIDENTE-CLIENTE
Diseño de nuevos equipos	SI	INGENIERIA	Aceptación de procesos	SI	CLIENTE
Círculos de calidad	NO		Evaluación de equipos y prototipos	NO	
Estudios de rentabilidad	SI	CLIENTE	Laboratorios, inspección, mediciones controles	NO	
Certificación y selección de proveedores	NO		Análisis e informe de control de calidad	NO	
			Verificación continua de proveedores	SI	ADMINISTRACION
COSTOS POR FALLAS INTERNAS	CUENTA		COSTOS POR FALLAS EXTERNAS	CUENTA	
	SI/NO	RESPONSABLE		SI/NO	RESPONSABLE
Desechos	SI	RESIDENTE			
Sub utilización de equipos	SI	RESIDENTE			
Re trabajo	SI	RESIDENTE	Descuentos concedidos por defecto	SI	ADMINISTRACION
Tiempo perdido	SI	RESIDENTE	Responsabilidad de producto	SI	RESIDENTE-ADMINISTRACION
Re inspección	SI	RESIDENTE	Solución de quejas	SI	ADMINISTRACION
Cambios de diseño	PUEDA DARSE	INGENIERIA	Costos legales	SI	ADMINISTRACION
Reparaciones	SI	RESIDENTE			
Eliminación de rechazos	SI	RESIDENTE			

Fuente: (Harrington 1997).

ANEXO IV

Tabla 17. Costos Generados por fallas con un especialista de Control de Calidad

GASTOS QUE IMPLICARIA EN UN PROYECTO CON ESPECIALISTA DE CONTROL DE CALIDAD					
COSTOS DE PREVENCIÓN	CUENTA		COSTOS DE EVALUACION (Detección)	CUENTA	
	SI/NO	RESPONSABLE		SI/NO	RESPONSABLE
Ingeniería de calidad	SI	CLIENTE-QA/QC	Inspección de materias primas	SI	QA/QC
Capacitación y reclutamiento de personal	SI	ADMINISTRACION	Inspección de productos en proceso	SI	QA/QC
Planeación y ejecución de programas de trabajo	SI	RESIDENTE /ING. PROGRAMACION	Inspección de productos terminado	SI	QA/QC
Auditorias y reportes de Calidad	SI	QA/QC	Inspección de empaques	SI	QA/QC
Diseño de nuevos procesos	SI	RESIDENTE/INGENIERIA	Aceptación de productos	SI	QC/QA-RESIDENTE-CLIENTE
Diseño de nuevos equipos	SI	INGENIERIA	Aceptación de procesos	SI	CLIENTE
Círculos de calidad	SI	QA/QC	Evaluación de equipos y prototipos	SI	QA/QC
Estudios de rentabilidad	SI	CLIENTE	Laboratorios, inspección, mediciones controles	SI	QA/QC
Certificación y selección de proveedores	SI	QA/QC	Análisis e informe de control de calidad	SI	QA/QC
			Verificación continua de proveedores	SI	QA/QC - ADMINISTRACION
COSTOS POR FALLAS INTERNAS	CUENTA		COSTOS POR FALLAS EXTERNAS	CUENTA	
	SI/NO	RESPONSABLE		SI/NO	RESPONSABLE
Desechos	NO				
Sub utilización de equipos	NO				
Re trabajo	NO		Descuentos concedidos por defecto	NO	
Tiempo perdido	NO		Responsabilidad de producto	NO	
Re inspección	NO		Solución de quejas	NO	
Cambios de diseño	PUEDE DARSE	INGENIERIA	Costos legales	NO	
Reparaciones	NO				
Eliminación de rechazos	NO				

Fuente: (Harrington 1997).

ANEXO V

Análisis de costos

En la tesis, con respecto a los costos de materiales no se pueden precisar, debido a que esto obedece a un proyecto específico en el cual se usa diferentes tipos de geomembranas (texturada o simple) y de diferente espesor esto de acuerdo al diseño, la tesis de investigación solo abarca que durante la construcción se ha cumplido con todos los procesos de Calidad de acuerdo a las normas internacionales los que se plasman en los Protocolos que se ha elaborado.

Con respecto a los costos de Calidad de los anexos, estos no son cuantificables, debido a que la calidad no se puede medir, y estos pueden incrementarse o no en un proyecto determinado, dependiendo de la importancia y envergadura del proyecto, así como del equipo multidisciplinario que ha participado.

Costos elaborados en el trabajo de investigación

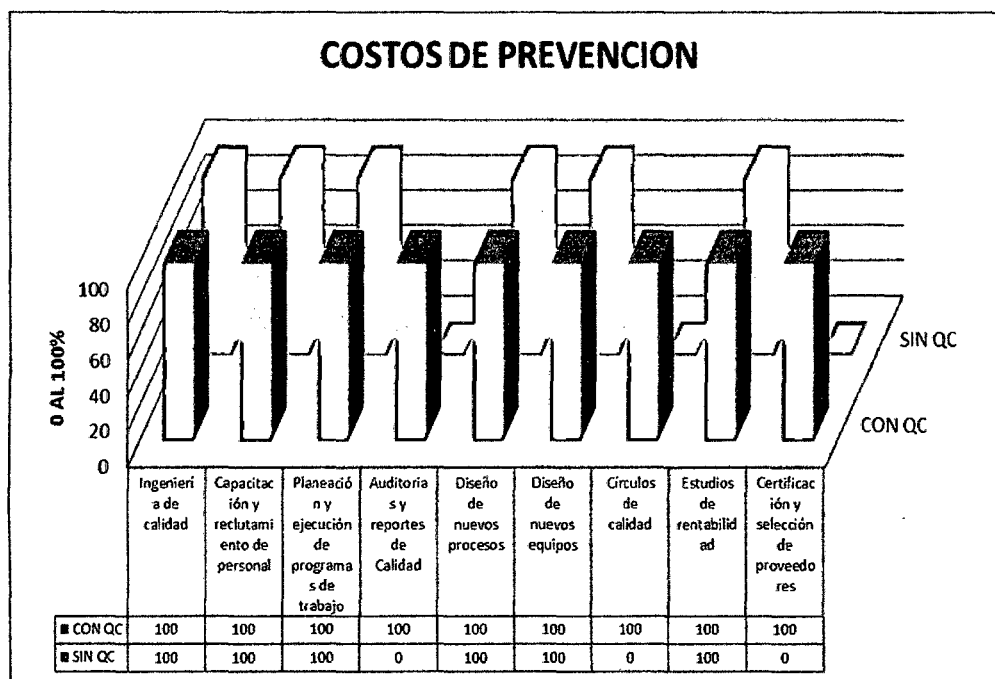


Figura 12. Costo de Prevención.
Fuente: Elaboración propia.

ANEXO VI

Como se aprecia en esta gráfica de los Costos de Prevención, cuando no se tiene control de calidad, no hay costos de prevención en 03 puntos como son: las auditorías y reportes de calidad que se soliciten en cualquier momento, en lo que respecta a los círculos de calidad no habría solución a los problemas detectados o el de la mejora de algún área funcional que en la mayor parte de las ocasiones repercute positivamente sobre los puestos de trabajo de los propios integrantes, tampoco se tendría ninguna certificación y selección de los proveedores para garantizar la construcción.

Estos puntos tratados en la gráfica elevaría el costo del proyecto y se notaría durante la entrega y auditorías que requiera hacer el cliente, además de que la obra se entregaría sin ningún Dossier de Calidad como registro del trabajo.

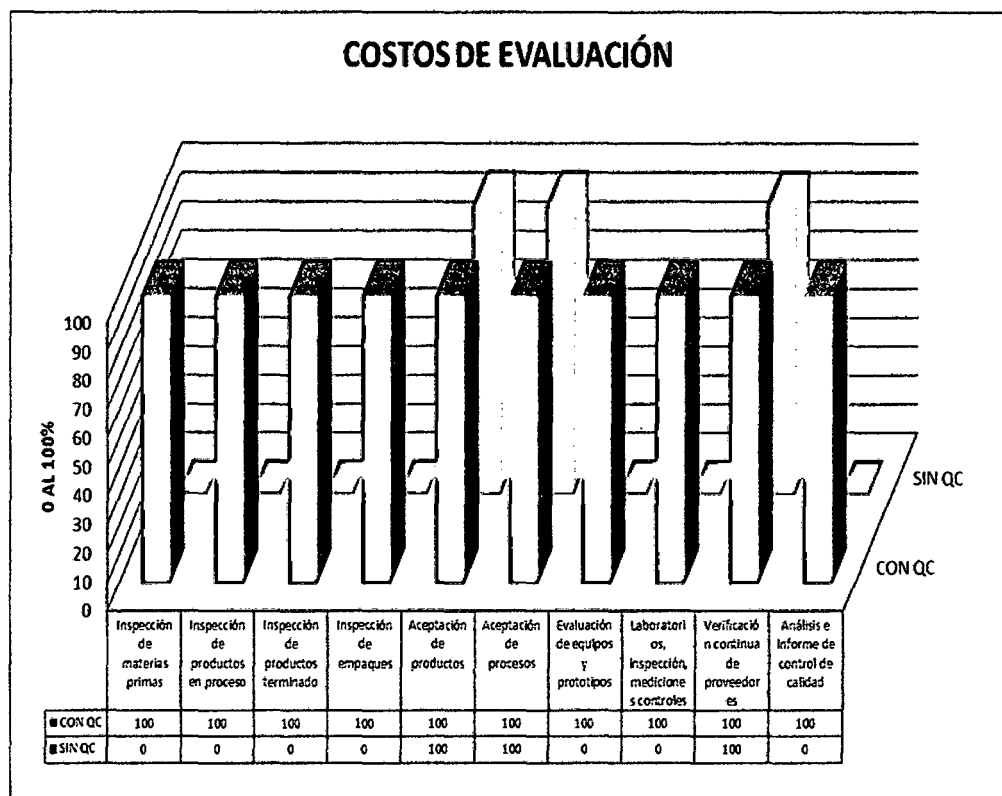


Figura 13. Costo de Evaluación

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en esta gráfica de los Costos de Evaluación, cuando no se tiene control de calidad, no hay costos de prevención en 07 ítems como:

- Inspección de la materia prima, inspección de productos en proceso, inspección de productos terminados, etc.

ANEXO VII

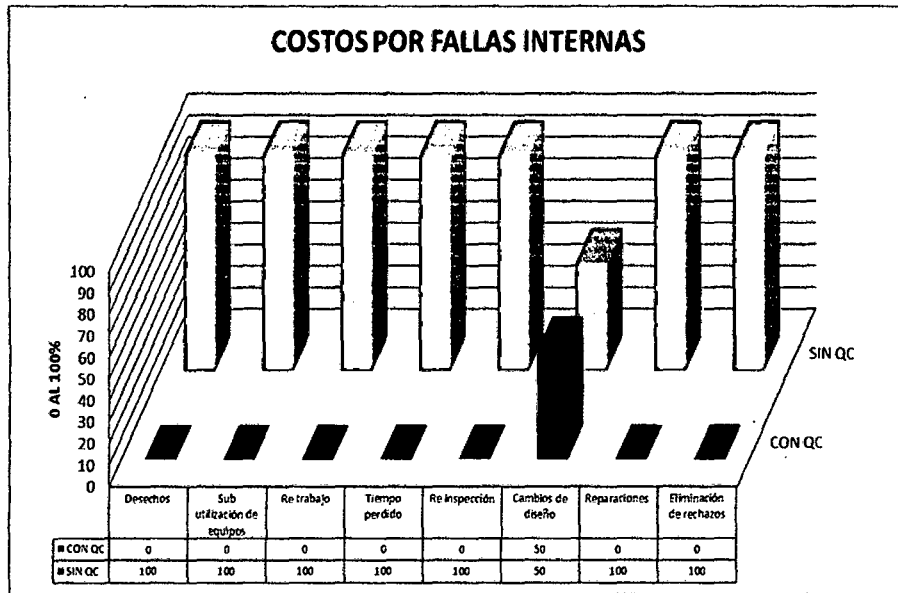


Figura 14. Costo por Fallas Internas.
Fuente: Elaboración propia.

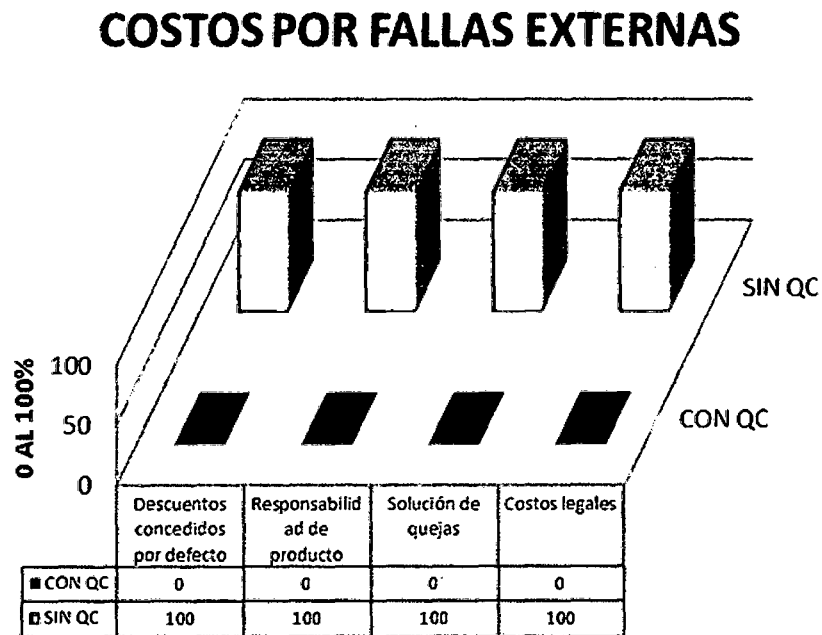


Figura 15. Costo por Fallas Externas
Fuente: Elaboración propia.