

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



Parámetros de soldadura de fusión en el reservorio de geomembrana
HDPE en la comunidad de San Pedro, distrito de San José de Ticllas,
Huamanga-Ayacucho-2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÍCOLA**

PRESENTADO POR:

Bach. Diego Orlando Mendoza Pumacahua

ASESOR:

Ing. John Samuel Cazorla Orihuela

Ayacucho - Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios, por darme valor para luchar en los momentos
difíciles de mi vida, continuar adelante y culminar mis
estudios superiores.

A mi madre Guillerma Pumacahua Lome, por su
constante apoyo, necesario para terminar mis estudios.

A mis hermanos Richar y María Inés, por su
motivación. Los quiero mucho.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi *alma mater*, por brindarme la oportunidad de desarrollar mis capacidades y competencias.

A mi querida Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola y a los docentes, quienes dieron todo de sí para darme una sólida formación académica que me servirán para desempeñarme en la vida profesional.

A mi asesor, el ingeniero John Samuel Cazorla Orihuela, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme brindado horas de sus fines de semana para el proyecto de investigación.

Finalmente, al ingeniero José Luis Bedrillaña, quien me apoyó moralmente y con oportunas orientaciones.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS.....	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1 Antecedentes del problema	3
1.2 Geosintéticos en proyectos hidráulicos	3
1.3 Geosintéticos	4
1.4 Geomembranas.....	5
1.4.1 Historia	6
1.4.2 Clases de geomembranas	6
1.5 Aplicaciones.....	8
1.5.1 Aplicaciones en obras tipo ambiental.....	9
1.6 Maquinarias.....	12
1.6.1 Maquinaria extrusora.....	12
1.6.2 Máquina cuña	13
1.7 Método de las pruebas destructivas.....	14
1.7.1 Prueba de cizallamiento.....	14

1.7.2 Prueba al desgarro	15
1.8 Método de las pruebas no destructivas	16
CAPÍTULO II	17
MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1 Ubicación política	17
2.2 Ubicación geográfica	17
2.3 Vías de comunicación y acceso	19
2.4 Descripción características importantes del lugar donde se realizó los estudios	19
2.4.1 Trabajos de campo.....	19
2.4.2 Fisiografía y climatología	19
2.4.3 Características geológicas.....	20
2.4.4 Características socioeconómicas.....	20
2.4.5 Materia prima de la zona	22
2.5 Materiales equipos empleados.....	24
2.6 Metodología.....	25
2.6.1 Población y muestras instrumentos y métodos.....	25
2.6.2 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	26
2.6.3 Procedimientos	26
2.7 Ensayos destructivos (ASTM D6392).....	26
2.7.1 Ensayo de cizallamiento.....	26
2.7.2 Ensayo de desgarro.....	27
2.8 Pruebas de extrusión.....	27
2.9 Prueba por fusión	31
2.10 Procesamiento y análisis de datos	33
CAPÍTULO III.....	34
RESULTADOS Y DISCUSIONES	34

3.1	Control estadístico y grafico aplicado a los resultados.....	34
3.2	Resultado de las muestras soldadas por extrusión.....	35
3.3	Pruebas no destructivas de control final desarrolladas en la investigación.....	46
	DISCUSIONES	47
	CAPÍTULO IV	48
	CONCLUSIONES	48
	CAPÍTULO V	49
	RECOMENDACIONES	49
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
	ANEXO.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Propiedades de la geomembrana HDPE,2009	7
Tabla 2.1	Coordenadas UTM	17
Tabla 2.2	Vías de acceso a la zona del proyecto	19
Tabla 2.3	Población beneficiada	21
Tabla 2.4	Uso actual de los suelos en a zona.....	22
Tabla 2.5	Principales cultivos.....	23
Tabla 2.6	Tipo de investigación.....	25
Tabla 2.7	Métodos de recolección de los datos	26
Tabla 2.8	Valores de corte y desgarro por extrusión	30
Tabla 2.9	Valores de corte y desgarro por fusión	31
Tabla 2.10	Datos de los ensayos realizados	33
Tabla 3.1	Resultados por unión a extrusión a 250° centígrados.....	35
Tabla 3.2	Resultados por unión a extrusión a 260° centígrados.....	36
Tabla 3.3	Resultados por unión a extrusión a 270° centígrados.....	37
Tabla 3.4	Resultados por unión a extrusión a 280° centígrados.....	38
Tabla 3.5	Análisis comparativos de temperatura.....	39
Tabla 3.6	Resultados de fusión a una velocidad de 3.0 m/min.....	41
Tabla 3.7	Resultados de fusión a una velocidad de 3.3 m/min.....	42
Tabla 3.8	Resultados de fusión a una velocidad de 3.5 m/min.....	43
Tabla 3.9	Resultados de fusión a una velocidad de 4.0 m/min.....	44
Tabla 3.10	Análisis comparativos de velocidades	45
Tabla 3.11	Tabla de control de presiones de geomembrana	46
Tabla 3.12	Resultados de las pruebas de aire final	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Instalacion de geomembrana.....	9
Figura 1.2	Soldadura por extrusión.....	10
Figura 1.3	Soldadura por fusión.....	11
Figura 1.4	Partes de la cuña de fusión.....	12
Figura 1.5	Proceso de parchado con la maquina extrusora ZX61A-3000.....	13
Figura 1.6	Termofusión con la cuña	14
Figura 1.7	Pruebas de corte (ASTM 6392-99)	15
Figura 1.8	Prueba a desgarro ASTM 6392-99.....	15
Figura 1.9	Prueba de aire.....	16
Figura 2.1	Mapa de San Jose de Tiellas	15
Figura 2.2	Localización del proyecto.....	15
Figura 2.3	Morfología de la zona.....	20
Figura 2.4	Area beneficiaria con el riego	21
Figura 2.5	Tarrajeo de los taludes cona arcilla	23
Figura 2.6	Habilitación de la geomembrana.....	28
Figura 2.7	Calibración de temperatura.....	28
Figura 2.8	Amolado de la lámina de geomembrana de 1.5 mm.....	29
Figura 2.9	Soldado por extrusión.....	29
Figura 2.10	Pruebas con el tensiómetro.	30
Figura 2.11	Calibración de la cuña termo fusionadora.	32
Figura 3.1	Resultados por unión a extrusión a 250° centígrados.....	35
Figura 3.2	Resultados por unión a extrusión a 260° centígrados.....	36
Figura 3.3	Resultados por unión a extrusión a 270° centígrados.....	37
Figura 3.4	Resultados por unión a extrusión a 280° centígrados.....	38
Figura 3.5	Resultados de resistencias promedios de temperatura.....	39
Figura 3.6	Resistencia promedio a cizallamiento.	40
Figura 3.7	Resistencia promedio a desgarro.....	40
Figura 3.8	Resultados de fusión a una velocidad de 3.0 m/min.	41
Figura 3.9	Resultados de fusión a una velocidad de 3.3 m/min.	42
Figura 3.10	Resultados de fusión a una velocidad de 3.5 m/min.	43
Figura 3.11	Resultados de fusión a una velocidad de 4.0 m/min.	44
Figura 3.12	Resultado de resistencias promedios de velocidad.....	45

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de determinar los parámetros según el Instituto de Investigación de geosintéticos (GRI_GM19a), en la cuales se determina la resistencia y propiedades relacionadas a efecto de la temperatura y la velocidad para poder soldar geomembranas de HDPE de un espesor de 1.50 mm; se realizó a través de distintas pruebas de campo investigado por estudios de comportamiento experimental. Para estas pruebas de soldadura por extrusión y por fusión, se realizó 4 pruebas de cada una, de las cuales se hicieron por extrusión 4 y fusión 4 con muestras de las siguientes medidas de 2,40 m x 0,40 m y 2,40 m x 0,30 m; donde se obtuvieron 80 cupones de 0,40 m x 0,40 m y se probaron con el tensiómetro DEMTECH (pro-tester), el cual corta y rasga a una precisión 2"/min; de los cuales obtuvimos resultados al cizallamiento y desgarró a temperaturas que son 250°C,260°C,270°C,280°C y a velocidades 3.0 m/mm,3.3m/mm,3.5m/mm,4.0m/mm. Estas muestras nos ayudaron a determinar los parámetros de temperatura óptimos para la extrusora (POLYWELD WB-9 000) y una velocidad adecuada para la cuña termofusionadora (PRODEMTECH IT-IT), para geomembranas de HDPE de 1,50 mm de espesor. Por tanto, se determinó que el parámetro óptimo para la temperatura de soldadura por extrusión es: 270°C, la máquina que alcanza una resistencia mínima a cizallamiento de 154 lb/in y una resistencia al desgarró de 181 lb/in. La velocidad de fusión de la cuña termofusionadora es 3.3 m/min alcanza una resistencia mínima al cizallamiento de 148 lb/in, desgarró a 135 lb/in a una temperatura de 450°C. Para hallar los parámetros, tomamos en cuenta la norma ASTM D6392. "Standard Test Method for Determining the Integrity of Nonreinforced Geomembrane Seams Produced Using Thermo-Fusion Methods". El reservorio tiene una capacidad de almacenamiento de m³ lo cual beneficia a una población de 35 familias, con un área total de 25 ha beneficiados destinados a la producción de productos como la papa y maíz.

Palabras clave: Termofusionadora, cupones, extrusión.

ABSTRACT

The present investigation is developed, with the objective of determining the parameters according to the geosynthetics research institute (GRI_GM19a), in which the resistance and properties related to the effect of temperature and speed are determined to be able to weld HDPE geomembranes of a thickness of 1.50 mm; It was carried out through different field tests investigated by experimental behavior studies. For these extrusion and fusion welding tests, we carried out 4 tests of each one, which were made by extrusion 4 and fusion 4 with samples of the following measures of 2.40 m x 0.40 m and 2.40 m x 0.30 m; where 80 coupons of 0.40 m x 0.40 m were obtained and tested with the DEMTECH tensiometer (pro-tester), which cuts and tears at a precision of 2"/min; of which, we obtained results for shearing and tearing at temperatures that are 250°C ,260°C ,270°C ,280°C and at speeds 3.0m/mm,3.3m/mm,3.5m/mm,4.0m/mm These samples helped us to determine the temperature parameters for the extruder (POLYWELD WB-9 000) and an adequate speed for the thermofusion wedge (PRODEMTECH IT-IT), for 1.50 mm thick HDPE geomembranes Therefore, it was determined that the optimal parameter for the temperature of extrusion welding is: 270 ° C, machine that achieves a minimum shear strength of 154 lb/in and a tear strength of 181 lb/in The melting speed of the thermofusion wedge is 3.3 m/min reaches a resistance minimum shear of 148 lb/in, tear at 135 lb/in at a temperature of 450 ° C. To find the parameters, we take into account the ASTM D6392 standard "Standard Test Method for Determining the Integrity of Nonreinforced Geomembrane Seams Produced Using Thermo-Fusion Methods". The reservoir has a storage capacity of 8,400 m³, which benefits a population of 35 families, with a total area of 25 ha benefited for the production of products such as potatoes and corn.

Keywords: Fusion machine, coupons, extrusion

INTRODUCCIÓN

Según a los avances de Scheirs que, realiza una clasificación de las geomembranas por sus características y propiedades y en función a ello genera el análisis de soldadura de fusión simple entre geomembranas. (Sheirs, 2009)

El gran número de geomembranas disponibles en el mercado (o geosintéticos polimérico barreras) que:

Pueden hacer que sea difícil para seleccionar qué geomembrana tiene la más adecuada combinación de propiedades de rendimiento para una aplicación dada. Cada tipo de material de geomembrana tiene características diferentes que influyen en sus procedimientos de instalación, durabilidad, vida útil y el rendimiento general. Por ello, es necesario para que coincida con el rendimiento de los proyectos los criterios con la combinación adecuada de propiedades de una geomembrana en particular. (Scheirs, 2009)

En el Perú se ha dado gran acogida a los geosintéticos por el mercado creciente de proyectos de minería, hidráulicos que son los que, en cierta manera, han generado su aplicación, y los ingenieros, al ver las grandes utilidades y sitios donde desarrollarlos o aplicarlos, han extendido a los temas de construcción civil, en donde se han dado gran realce en los mejoramientos de terraplenes y caminos logrando mejorar de esta manera las estructuras antes mencionadas y dándoles un valor agregado; sin embargo, solo se están realizando escasos estudios de uso y sus comportamientos de estos geosintéticos; no se encuentran información sobre estos materiales, sobre su uso y comportamiento de estos nuevos materiales. Gracias al pujante empeño que se le viene dando al estudio de geosintéticos vemos que ingenieros vienen promoviendo el estudio de los geosintéticos. (Augusto, 2014)

A nivel local, no existe muchos estudios sobre el tema, algunas personas, particularmente, interesadas en estos materiales han podido determinar algunos parámetros donde se norman los procedimientos de instalación de geosintéticos en especial el de geomembranas a través de su manual de instalador de geosintéticos de HDPE. La comunidad de San Pedro de Campamento es un lugar netamente agrícola. Durante mucho tiempo presentó problemas de producción, viéndose obligado a hacer algunos estudios que influye a su baja producción, llegando a la conclusión de que la falta de agua origina dicho problema. Por tal motivo, se planteó la

ejecución de un reservorio de geomembrana de una capacidad de 8400 m³ para irrigar un área de 25 has. donde se ejecutó el proyecto *Mejoramiento y ampliación del sistema de riego en la comunidad de San Pedro de Campamento* ¿Cuál es el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas en la instalación de los geosintéticos según el manual de especificaciones GRI-GM19, especificación estándar? Distrito San José de Tierras, provincia Huamanga de la región Ayacucho, por lo que se plantea los siguientes objetivos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar los parámetros y propiedades de resistencia al cizallamiento y desgarro de las soldaduras a fusión y extrusión en la geomembrana de HDPE de 1.50 mm en el reservorio, según la norma inglesa ASTM D6392, Distrito San José de Tierras, provincia de Huamanga de la región Ayacucho.

Objetivos específicos

1. Evaluar la resistencia a la fuerza de cizallamiento y desgarro a soldaduras por extrusión en geomembranas de HDPE de 1.5 mm de espesor a distintas temperaturas.
2. Evaluar la resistencia a la fuerza de cizallamiento y desgarro a soldaduras por termofusión en geomembrana de HDPE de 1.50 mm de espesor a distintas velocidades.
3. Evaluar los parámetros óptimos de las soldaduras adecuadas para la unión de los paños de geomembrana de HDPE de 1.5 mm de espesor según la prueba no destructiva.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En el mercado existe una gran cantidad de geomembranas de diferentes variedades y calidades; ya que en la actualidad, debido a su bajo costo de instalación, cada vez está en aumento la demanda de la geomembrana (geosintéticos de barrera polimérica) y en el mercado hace que sea más difícil elegir qué tipo de geomembrana tiene la mejor combinación de propiedades para una aplicación determinada. Cada tipo de material de geomembrana tiene características diferentes que afectan su procedimiento de instalación, durabilidad, vida útil y rendimiento general. Por lo tanto, se busca la determinación de calidades estándares necesarias para hacer coincidir los criterios de rendimiento del proyecto con una combinación adecuada de propiedades para una geomembrana específica. (Scheirs, 2009)

La comunidad de San Pedro de Campamento, zona dedicada a la agricultura y ganadería cuenta con poca disponibilidad de agua para sus cultivos; mayormente, en época de estiaje que influye en los bajos rendimientos de sus cultivos agrícolas, incidiendo de esta manera a la población solo para autoconsumo y muchas veces no cubren sus necesidades primordiales de alimentación; por eso, para la elaboración de este proyecto de investigación se tomó como referencia algunos temas cuadros existentes en el expediente técnico .

1.2 Geosintéticos en proyectos hidráulicos

Los proyectos de riego forman un segmento del mercado de geosintéticos con quizás la mayor oportunidad de crecimiento. El término “proyectos hidráulicos” incluye represas, canales y estanques estables o maduros. Los geosintéticos se utilizan a menudo para limitar la interacción entre la estructura y el agua, pueden aumentar la estabilidad de las estructuras hidráulicas (Rogelio, 2012).

1.3 Geosintéticos

Estos son materiales hechos de varios polímeros derivados del petróleo que fortalecen las propiedades mecánicas del suelo y que pueden implementarse en proyectos de ingeniería civil y geotecnología en condiciones difíciles. De la misma manera, podemos usarlo solo para protección, pisos e incluso para el acabado de estructuras de concreto (Rogelio, 2012).

La industria de la tierra sintética incluye polímeros avanzados como materiales de construcción primarios. Fabricado para garantizar una adecuada resistencia a la deformación y compresión. Su material se puede dividir en materiales elaborados con procesos de extrusión. geoplásticos (Castro & Vega, 2009).

Son muchas las áreas de aplicaciones de los geosintéticos en el mundo de la ingeniería y edificaciones como son: obras viales, estructura hidráulica, sistema control de desgaste, aplicación medio ambiental. (Geosistemas Pavco S.A, 2009)

Los distintos tipos de materiales geotextiles más utilizados de ingeniería son los materiales geotextiles, geomallas, geomembranas, georedes, juntas y cubiertas de control de erosión. (Geosistemas Pavco S.A, 2009)

Funciones de los geosintéticos

❖ Separación

Los geosintéticos separan dos capas de suelo utilizando distribución de partículas. Por ejemplo, los geotextiles se utilizan para la prevención. El material base se filtra en el suelo fino desde las capas inferiores ahora con espesor de diseño y seguridad de vía. El límite también ayuda a prevenir transferencia de partículas finas a capas permeables de partículas. (Koerner, 2012)

❖ Filtración

El geosintético actúa como filtro de arena permitiendo el movimiento de agua que atraviesa el suelo y retiene los sedimentos transportados por la escorrentía. Los geotextiles se utilizan para evitar el movimiento de los materiales del suelo, formando surcos cuando hay un sistema de drenaje. El geotextil también se utiliza bajo “riprap”. (Koerner, 2012)

❖ **Drenaje**

Actúan como drenajes para dirigir menos flujo a través de ellos. Permeabilidad. Por ejemplo, los geotextiles se utilizan para aliviar la presión de poro en la base de los terraplenes. Para grandes caudales, se han desarrollado drenajes de canto en pavimentos. Este material se utilizaba como desagües en las aceras, drenajes transversales de talud, drenajes de apoyo y muros de contención. Se usó drenaje vertical (PDV) para acelerar la fusión, la base con suelo blando debajo de la presa y la decoración fue descargada anteriormente. (Koerner, 2012)

❖ **Refuerzo**

Los geosintéticos se utilizan como elementos de refuerzo en el suelo o se combinan con el propio suelo para formar un material compuesto para mejorar las propiedades de esfuerzo y deformación. Utilizando geotextiles y georedes, aumenta la resistencia a la tracción de la masa de suelo y permite reforzar las paredes del suelo verticalmente. (Koerner, 2012)

❖ **Control de erosión**

El geosintético trabaja para reducir la erosión del suelo causada por precipitaciones y escorrentía de aguas superficiales. Ejemplo: manto temporal de geosintéticos y geosintéticos ligeros permanentes se colocan en pendiente para evitar el contacto con el suelo. Los geotextiles se utilizan en el mantenimiento. (Geosistemas Pavco S.A., 2009)

1.4 Geomembranas

Estos materiales se utilizan cada vez más en ingeniería, ya sea el uso de placas de cubierta en la construcción, como la construcción de obras civiles con geomembranas. Si estos materiales se utilizan para la impermeabilización de edificios, se denominarán “láminas impermeabilizantes”; pero si se utilizan como parte de sistemas de impermeabilización de embalses, túneles y obras subterráneas de drenaje y para riego o almacenamiento de agua, se denominarán “láminas impermeabilizantes”, “geomembrana impermeable”. Estas láminas se fabricarán en forma de lona de espesor mínimo y uniforme y se suministrarán enrolladas. La membrana se realizará conectando las placas; la clase de unión dependerá de las especificaciones del material polimérico. (Evi.com.mx, 2016)

1.4.1 Historia

El mejoramiento de polietileno para su uso como geomembranas comenzó en Alemania en 1960 y luego se extendió por Europa, África, Australia y América del Norte. Más las primeras geomembranas que se desarrollaron fueron de PVC, así como CSPE o Polietileno clora con azufre, desarrollado a finales de la década de 1960. (Koerner, 2012)

El uso de geosintéticos en estructuras de tierra en obras hidráulicas como (canales, embalses, presas). Hasta la década de 1940, alcanzó su punto máximo de desarrolló aún más entre los años de 1960 y 1970. (geosyntheticmaterial wordpress, 2016).

Los revestimientos de geomembranas han sido utilizados en la industria minera aproximadamente desde 1970, como respuesta a las necesidades de revestimiento en pozas de evaporación, presas de relaves y pozas de lixiviación en pilas. Las presas de relaves han sido históricamente revestidas de tierra en su mayoría, pero el uso de revestimientos de geomembrana ha aumentado en los últimos años. Las pozas de evaporación y de lixiviación en pilas son las aplicaciones más grandes en las que se utiliza geomembranas en la minería y, por ende, serán el principal objetivo de esta visión general de la historia de este tipo de revestimientos. Se tocará el tema del estado histórico de esta práctica, además de los intereses más importantes en el campo de la ingeniería y los problemas emergentes en el campo de la lixiviación en pilas. (Breitenbach, 2004)

1.4.2 Clases de geomembranas

Geomembrana de PVC (cloruro de polivinilo). Díaz, Escobar & Olivo (2009) mencionan que son láminas impermeables fabricadas con resinas de PVC utilizando nuevas tecnologías que garantizan la calidad y uniformidad de la geomembrana.

Geomembranas de polietileno. Díaz, Escobar & Olivo (2009) mencionan que son láminas impermeables de resina polimérica utilizadas en determinadas aplicaciones, sus principales propiedades son baja permeabilidad, flexibilidad y alta resistencia eléctrica, y su uso es para contener líquidos.

Polietileno de alta densidad (HDPE). El material de HDPE es un producto más utilizado para el revestimiento de residuos mineros, vertederos y otras aplicaciones en la retención de líquidos (para proyectos con requisitos de baja permeabilidad y resistencia extremadamente alta a la radiación a los rayos ultra violeta. (Díaz, Escobar & Olivo, 2009)

Polietileno de baja densidad (LDPE). Las excelentes propiedades de elongación del polietileno de baja densidad permiten que la geomembrana se adapte con flexibilidad a suelos irregulares, evitando así la perforación del material. (Díaz, Escobar & Olivo, 2009).

Geomembrana de polipropileno (PP). El respaldo de polipropileno reforzado con tela es liviano y ofrece una gran flexibilidad en la producción de paneles grandes. Poseen una excelente estabilidad dimensional y buenas propiedades para su instalación en superficies llanas, así como una alta resistencia a las fisuras provocadas por las bajas temperaturas. (Díaz, Escobar & Olivo, 2009)

Las geomembranas de HDPE. El espesor máximo, mínimo y medio de cada rollo Disponible en la textura lisa y el espesor con el que están elaborados varían de 0,50 a 5 mm. Los paneles texturizados para todo terreno brindan una excelente resistencia a la conexión a tierra Laderas cubiertas con pendientes empinadas o capas de suelo sin cobertura. (Valencia, 2009).

Tabla 1.1

Propiedades de las geomembranas HDPE, 2009

	Propiedades	Método de pruebas	valores 1,0/1,5/2,0/2,0/2,5 (40/60/80/100)	Unidad	Frecuencia de prueba mínima
a	Espesor				
	Promedio	ASTM	1,0/1,5/2,0/2,0/2,5	mm	Por rollo
	mínimo	D5199	(40/60/80/100) 0,9/1,35/1,8/2,25 (36/54/72/90)	(mil)	
b	Densidad	ASTM D1505	0,94/0,94/0,94/0,94	g/cc	20 000 lb 9 000 lb
c	Propiedades de tracción mínima	ASTM D6693 TIPO IV Cedencia			
	Esfuerzo de cedencia	G. L=1,30 pulg (33 mm) Ruptura G: L=2,00 pulg (50,80 mm)	15/22/29/37 84/126/168/210 27/40/53/67	N/mm lb/pulg de ancho N/mm	20 000 lb

	Esfuerzo de rotura		152/228/304/380	lb/pulg de ancho	9 000 lb
	Elongación de cedencia		12/12/12/12	%	
	Elongación de rotura		700/700/700/700	%	
d	Resistencia al desgarramiento(mínima)	ASTM D1004	125/ 187/ 249/ 311 28/42/56/70	N lb	20 000 lb 9 000 lb
e	Resistencia al punzonamiento (mínima)	ASTMD4833	320/480/640/800	N lb	20 000 lb 9 000 lb
f	Resistencia al agrietamiento	ASTM D5397 (30% cedencia, 20% resistencia)	72/108/144/180 400/400/400/400	Horas	Por muestra
g	Rango de negro humo	ASTMD1603	2,00-3,00	%	20 000 lb 9 000 lb

Fuente: ASTM

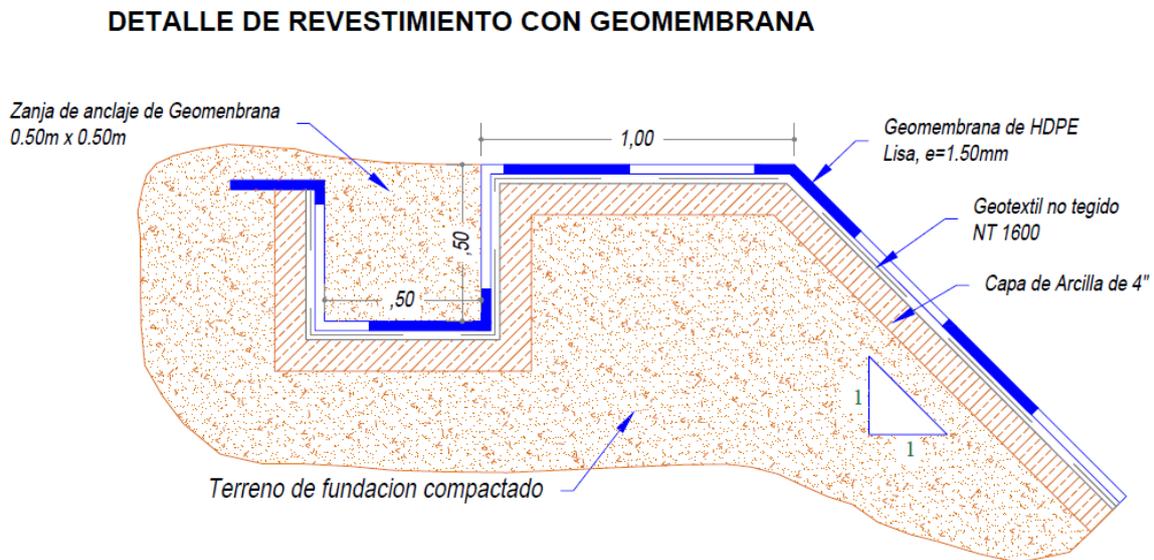
1.5 Aplicaciones

La impermeabilidad de la membrana es muy altísima en comparación con los geotextiles o tierra, incluso con barro. Valor de permeabilidad normal de las películas de revestimiento. Medido para transferir agua y vapor desde 1×10^{-12} a 1×10^{-15} cm/seg, como estas membranas son impermeables, lo que las hace ideales para trabajos. (Valencia, 2009)

Barrera al paso de líquidos y gases, así como excelente y alta resistencia a la tracción del tétanos. Tienen una aplicación general que debe mencionarse mucho en el trabajo. Como repelentes de líquidos en agricultura, construcción y minería, como almohadillas absorbentes, tanques, tuberías, tanques, revestimientos en tanques y tanques, revestimientos en estructuras de concreto, como se puede observar en la figura 1.1. (Valencia, 2009)

Figura 1.1

Instalación de geomembrana



1.5.1 Aplicaciones en obras hidráulicas

Lodos petroleros. El lodo que se almacena, que consiste en bentonita, una pequeña cantidad de petróleo y agua, forma un fluido viscoso y altamente contaminante; por lo que debe ser tratado en lagunas impermeables de geomembranas antes de su disposición final. (Valencia, 2009)

Lagunas de oxidación. Con la ayuda de las geomembranas, es posible prevenir la contaminación de las fuentes de agua subterránea al filtrar de las aguas residuales mediante el suelo. (Valencia, 2009)

Rellenos sanitarios. Gracias a la flexibilidad y buena resistencia química y bacteriana, las geomembranas impermeables en rellenos sanitarios evitan que los lixiviados de los componentes de los desechos contaminen el suelo y las aguas subterráneas. (Valencia, 2009)

1.6 Clases de soldadura

1.6.1 Soldadura de extrusión

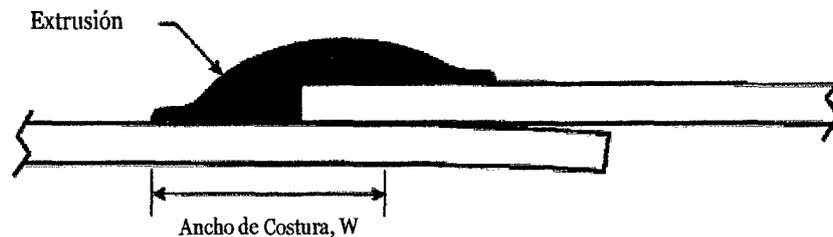
Valencia (2009), menciona que la soldadura por extrusión de material aditivo. Los materiales de las costuras se unen por termofusión. La soldadura se realiza con una soldadora manual con una extrusora de fusión de relleno, una matriz de extrusión de relleno y una matriz de precalentamiento de la superficie que recibirá el relleno o el exudado.

Valencia (2009), menciona que el material de relleno, ya sea material de barra o gránulos, ingresa a la cámara de fusión donde fluye hacia afuera a través del tornillo sinfín a través de la matriz de extrusión.

Mencionó, además, que todas las piezas, parches y uniones especiales se pueden realizar con este método. Antes de soldar, las superficies extraíbles deben ensamblarse para garantizar que las superficies debajo del cordón de soldadura estén en pleno contacto. (Valencia ,2009)

Figura 1.2

Soldadura por extrusión



Fuente: Tejada (2009)

Soldadura tipo vuelta extrusión

$$ts = 2tGM \dots \dots \dots (1)$$

$$d = di = (t\dot{s} - tGM) / 2 GM \dots \dots \dots (2)$$

Soldadura tipo filete extrusión

$$ts = 2tGM + e \dots \dots \dots (3)$$

$$d = (t\dot{s} - tGM) / 2 \dots \dots \dots (4)$$

$$d' = (3tGM - ts) / 2 = tGM - d \dots \dots \dots (5)$$

t_s = espesor de costura de paños.

t_{GM} = espesor de geomembrana.

d = braza de palanca de la geomembrana inferior de la costura.

d_i = brazo de palanca de la geomembrana superior de la costura.

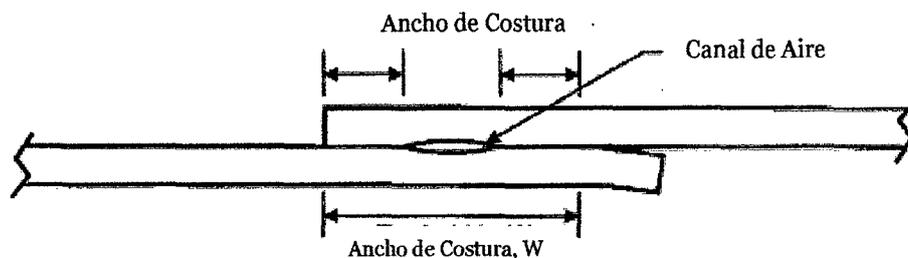
1. La geomembrana se somete a tensiones en su plano en una dirección paralela a la dirección longitudinal de la costura.
2. La geomembrana y la costura se comportan como materiales plásticos lineales, por lo tanto, se caracterizan por su módulo.
3. La elasticidad que se identifican en la compresión y tensión, el análisis es un problema, porque la costura de la geomembrana es muy larga en la dirección paralela a la soldadura, por lo tanto, el módulo de elasticidad de lab muestra de ensayo de tracción se debe utilizar una prueba conducida con un espécimen de geomembrana con relación a su longitud.

1.6.2 Por fusión o termofusión

Este tipo de método de soldadura por fusión en caliente ocurre a través del contacto entre los dos lados de la geomembrana de HDPE. Se usa una cuña calentada para tocar la temperatura antes de que pasen los rollos. A medida que los rodillos empujan la máquina hacia adelante, presionan contra la zona caliente, creando dos láminas de soldadura separadas por canales de aire para verificar las soldaduras. La presión, la temperatura y la velocidad se regulan mediante controles independientes y siempre están interconectados. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la velocidad y viceversa. Los parámetros de soldadura pueden modificarse según el equipo, la geomembrana y la temperatura del medio ambiente.

Figura 1.3

Soldadura por fusión



Fuente: Tejada (2009)

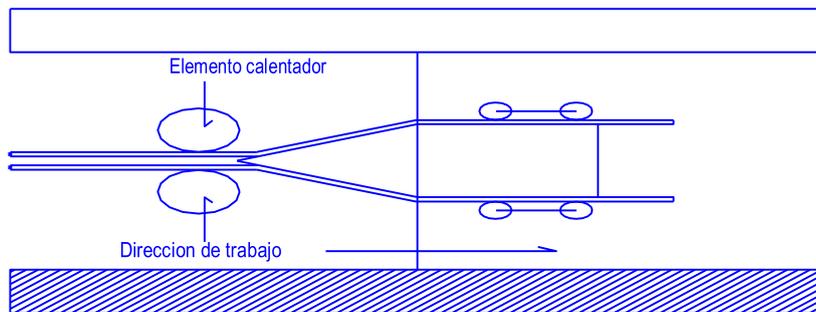
$$ts = 2tGM \dots \dots \dots (8)$$

$$d = d' = tGM / 2 \dots \dots \dots (9)$$

Es una manera de instalación donde las variables son las distintas temperaturas empleadas, donde las dos superficies opuestas de geomembrana a soldar se funden haciendo pasar por una cuña de metal caliente, la presión se aplica simultáneamente a la parte superior o fondo de la geomembrana para la unión integral de las costuras, las soldaduras de este tipo se pueden hacer por separadas, separas por un canal de aire que sirve para hacer pruebas de presión de aire tales como se muestra en la figura se denomina soldaduras de cuña caliente de doble vía aplicable en geomembranas de HDPE de 1.5 mm de espesor.

Figura 1.4

Partes de la cuña de fusión



1.7 Maquinarias

1.7.1 Maquinaria extrusora

Modelo ZX61A -3000

Especificaciones técnicas

- Peso: kg 12.
- Dimensiones: 6 pulg x 25 pulg x 10 pulg.
- Motor, Máx 8 Amperios a 240 VCA, 50-60 Hz.
- Calentador de 1300 vatios.
- Precalentador: 6000 vatios, 120 VAC 40-50 Hz vatios, 240 VAC 50-60 Hz.
- Extrusor de hasta 12 lbs /hora.
- Varillas para soldar, 3 mm o 4 mm.

Figura 1.5

Proceso de parchado con la Máquina extrusora ZX61A -3000



El proceso de soldadura por extrusión en láminas de geomembrana de HDPE de 1.5 mm las variables de control de maquina son las diferentes temperaturas de fusión que dependerá del tipo de polímero empleado y la temperatura de flujo de aire calentado, que dependerá de las condiciones ambientales y del tipo de lámina.

Se ajusta entre las temperaturas que oscilan entre 250°C y 280°C dependiendo del factor tiempo al momento de la soldadura.

1.7.2 Máquina cuña

Modelo Wedge (IT DEMTECH)

Especificaciones técnicas

- Modelo: IT.
- Número de modelos: 600-0100/3XL.
- Peso de máquina (solo soldadura): 96 lb (44 kg).
- Dimensiones (solo soldadura) 26" x 17" x17" (66x43x43 cm).
- Tipo de material: HDPE.
- Tipo de soldadura :40-130 mil (1,00- 3,00 mm).
- Tipo de voltaje:240 V, 60 Hz; Monofásico.
- Potencia utilizada :3000 watts ,12 Amperios.

Figura 1.6

Termofusión con la cuña



La unión por termofusión con la cuña se realiza en el área de traslape de paneles por medio de la máquina autopropulsada, provista de dos rodillos mediante una cuña calefactora a medida que la soldadura avanza propulsada por los rodillos estos presionan las partes calentadas logrando dos líneas de soldadura paralelas separadas por un área libre con una canal de aire para hacer pruebas de la soldadura.

En este tipo de soldadura se controla la temperatura de y también se regula la velocidad que oscila entre 3.0 y 4.0 metros por segundo.

Ámbito de acción de la norma ASTM D 6392

1.8 Método de las pruebas destructivas

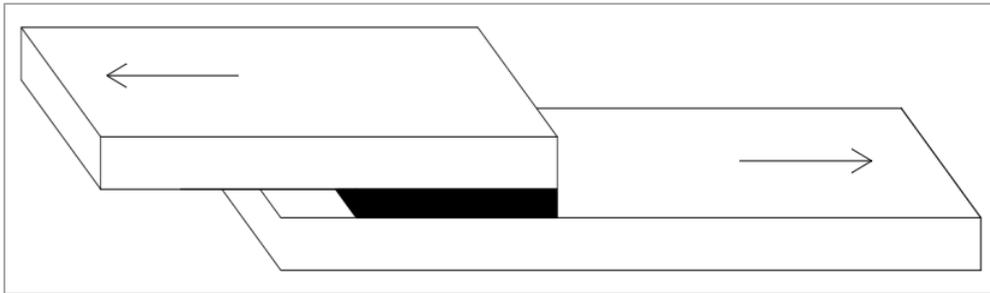
Este tipo de método consiste en extraer muestras (30 x 8 cm) ubicada a cada 20 metros lineales sobre las soldaduras realizadas, para llevarlas a prueba del tensiómetro.

1.8.1 Prueba de cizallamiento

Se trata de someter la unión de los paños a las pruebas de ensayos a un esfuerzo de corte directo y a una velocidad determinada, para esto se fijan los extremos respecto al eje de soldadura a las respectivas muestras obtenidas que son 40 muestras se proceden corroborar en el tensiómetro y se procede con el ensayo según (ASTM D 6392 - 99), una vez terminada las pruebas se procede a registrar las resistencias obtenidas de las muestras y se indican que falla se produce o no se produce como se observa en la Figura 1.7.

Figura 1.7

Pruebas de corte (ASTM D 6392-99)



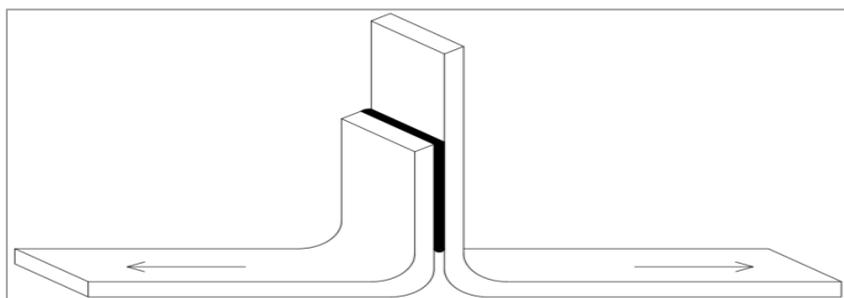
Fuente: ASTM (2012)

1.8.2 Prueba al desgarro

La prueba es semejante en metodología y condición de aprobación al ensayo de desgarro, su diferencia radica en que para someter al desgarro de las uniones los extremos de las muestras, corresponden a las láminas ubicadas a un mismo extremo de la soldadura y la aprobación de la soldadura se requiere que la eficiencia al desgarro iguale o exceda las especificaciones de construcción en este tipo de pruebas ejecutado es para ambos extremos de la muestra en el caso que la unión este provista del canal de aire y los resultados se obtienen o terminan cuando la muestra está rota (ASTM D 6392 - 99), como observamos en la Figura 1.8.

Figura 1.8

Prueba a desgarro ASTM 6392-99



Fuente: ASTM D (2012)

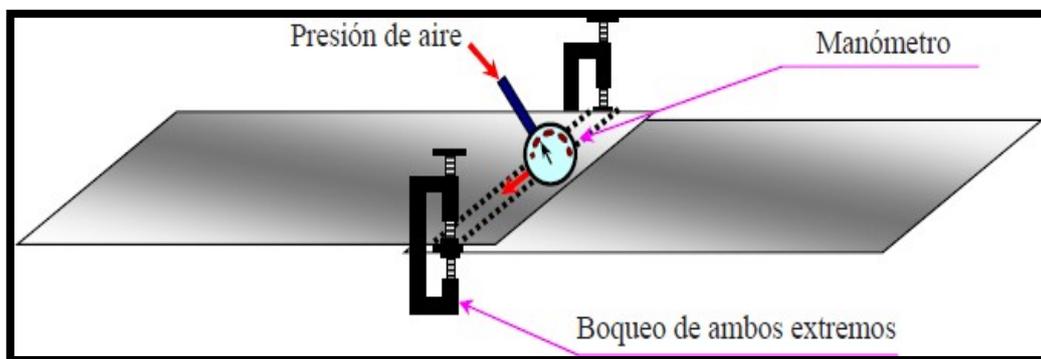
1.9 Método de las pruebas no destructivas

En este tipo de método se realiza en uniones por extrusión al someter la totalidad del cordón de la soldadura a una presión de vacío determinada por el espesor del tipo de geomembrana. Primero se limpia las zonas o las superficies de las abrazaderas y se revisa la existencia de fugas

Luego se suministra aire a la bomba de vacío y se reduce la presión del tanque a una presión de vacío de 35 KPa (5psi) dependiendo el espesor de la geomembrana luego se humedece con una solución la zona de la unión se coloca una caja vacía sobre la zona húmeda se cierra la válvula de salida y se abre la válvula de presión luego se verifica que se forme un sello de prueba de filtraciones por un tiempo (30 segundos mínimo) luego se examina la geomembrana a través de una ventana de observación se buscan burbujas producidas por las fugas de aire ,sino aparecen burbujas de aire luego de los 30 segundos se procede a cerrar la válvula y se abre la válvula de salida de los puntos de pruebas correspondientes se identifican fecha y nombre del técnico que realiza las pruebas serán marcadas por un indeleble en la geomembrana, como se observa en la Figura 1.9.

Figura 1.9

Prueba de aire



Fuente: ML ingeniería (2010)

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación política

Lugar	:	San Pedro de Campamento
Distrito	:	San José de Ticllas
Provincia	:	Huamanga
Departamento	:	Ayacucho

2.2 Ubicación geográfica

El distrito de San José de Ticllas se localiza geográficamente en la provincia de Huamanga y está situada aproximadamente a unos 34 km al norte de la ciudad de Ayacucho, a una elevación de 3800 m s. n. m. y a una temperatura ambiental de 8°C. El acceso es por medio de una vía pavimentada hasta 20 km y afirmado 15 km de longitud, con las siguientes coordenadas. Se observa en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1.

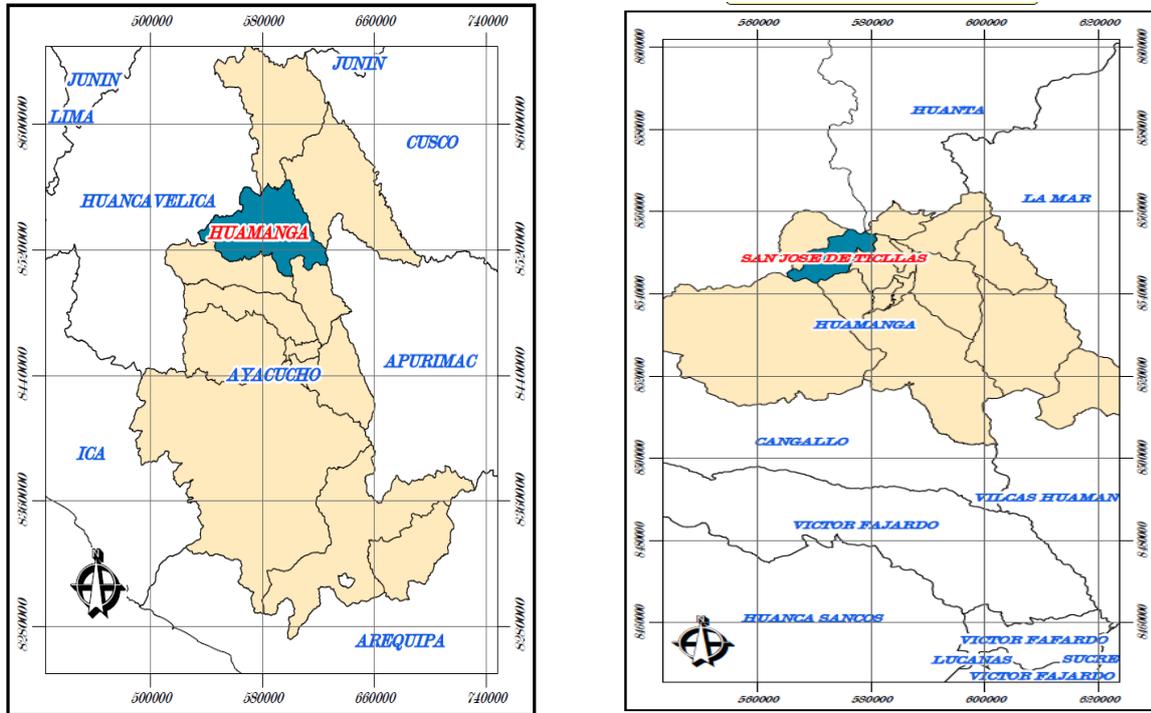
Coordenadas UTM

LUGAR	NORTE	ESTE	ALTITUD (m s. n. m.)
San Pedro de Campamento	8544857.00	570039.00	3804.2

Mapas de ubicación y localización de la zona del proyecto

Figura 2.1

Mapa de San José de Ticllas



Fuente: Expediente técnico (2019)

Figura 2.2

Localización del proyecto



Fuente: Google Earth (2020).

2.3 Vías de comunicación y acceso

Es accesible por la vía terrestre con el siguiente recorrido. Se observa en el cuadro las vías de acceso a la zona del proyecto de investigación. Se observa en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2

Las vías de acceso a la zona del proyecto

De	A	Distancia (Km)	Tiempo (HR)	Tipo de vía	Frecuencia	Servicio de transporte
Huamanga	San José de Tielllas	40	0.3	Carretera afirmada	Diario	Camionetas rurales
San José de Tielllas	San Pedro de Campamento	15	1:00	Trocha carrozable		Acémila

2.4 Descripción características importantes del lugar donde se realizó los estudios

2.4.1 Trabajos de campo

La toma de muestras para el análisis se realizó todos en distintas horas de la mañana esperando que haya condiciones adecuadas para trabajar ya que las láminas de la geomembrana en las mañanas están duras y en las tardes tienden a dilatarse excesivamente por lo cual es necesario una temperatura media.

2.4.2 Fisiografía y climatología

Topografía. El sector de San Pedro de Campamento se caracteriza por tener relieves topográficos accidentados, con laderas fuertes, sobre el 25 %. El escenario edáfico presenta, por lo general, suelos un tanto ácidos relativamente profundos, de textura media a pesada, con tonos rojizos a pardos.

Temperatura. Las temperaturas varían entre los 3° a 24°C, las diferencias de temperatura se observan entre las estaciones del año y entre el día y la noche. Los meses de mayo a setiembre son más fríos, con vientos fuertes y a veces con heladas a 0°C.

Clima. Presenta un clima templado frígido-seco, con variaciones según la ubicación, altitud, topografía y estaciones durante el año.

Recursos. El presente proyecto tiene como fuente hídrica a Putacca con un caudal de 30 litros por segundo, fuentes que aportan el líquido elemento para el riego de sus cultivos.

Las tierras de cultivo están formadas por los terrenos que se encuentran en los distintos sectores, cuya área agrícola con aptitud para riego son 25.00 has, de los cuales serán beneficiados solo 2.70 has, que se encuentran distribuidas en los diferentes sectores.

2.4.3 Características geológicas

- **Fisiografía**

La morfología de la comunidad involucrada presenta riachuelos, quebradas y manantiales, que aportan el recurso hídrico al proyecto; no obstante, se aprovecha a través de pequeños reservorios y/o estanques para el consumo humano, animal y riego de cultivos.

Figura 2.3

Morfología de la zona



Fuente: Google Earth (2020).

2.4.4 Características socioeconómicas

Población. La población de la comunidad de San Pedro de Campamento involucrada del distrito de San José de Ticllas es propietaria de los terrenos de cultivo, conformando la población beneficiada con el proyecto; en la actualidad no cuenta con suficiente agua para riego, ni con infraestructura adecuada; por lo que existe la necesidad de mejorar e implementar los sistemas de riego con el almacenamiento del agua.

Tabla 2.3

Población beneficiada

Número de familias	Hombres	Mujeres	Población
35	63	42	105

La actividad agrícola y ganadera. Una de las principales actividades en la zona de influencia del proyecto de investigación es la agricultura, complementada con la ganadería. Dichas actividades están sustentadas sobre la base de la producción familiar o individual; dándose también formas de manejo comunal, con la predominancia del trabajo cooperativo denominado “ayni”.

Figura 2.4

Área beneficiaria con el riego



Tabla 2.4*Uso actual de los suelos en la zona*

Uso actual		Superficie		Símbolo
Categoría	Sub Categoría	(Ha)	%	
Área urbanas y pueblos	Localidades rurales	2.77	0.76	LR
Terrenos con cultivos extensivos	Cultivos anuales	90.2	24.67	CA
	Pastos naturales	142.85	39.07	PN
Áreas con praderas naturales	Áreas boscosas	79.74	21.81	AB
Terrenos improductivos	Tierras misceláneas	42.85	11.72	TM
	Carreteras rurales	4.12	1.13	CR
	Ríos y quebradas	3.07	0.84	R
TOTAL, ÁREA EVALUADA		365.6	100	

*Fuente: inei censo 2017***2.4.5 Materia prima de la zona**

El material usado era 100% arcilla para el tarrajeo de los taludes del reservorio y de la base del reservorio, por su ubicación se encontraba a unos 1200 m de la zona de estudio, no se utilizó ningún otro tipo de agregado que no sea arcilla, la arcilla es un material común de la zona, lo que permitió su fácil extracción, la cantera se situaba en la parte baja del proyecto a unos 1200 m el material de arcilla sirvió para la impermeabilización de los taludes y del fondo del reservorio antes de la instalación del geotextil y la geomembrana con se muestra en la figura.

Figura 2.5

Tarrajeo de los taludes con arcilla



Cultivos principales. En la comunidad de San Pedro de Campamento, los principales cultivos que se producen son los siguientes: papa, haba, maíz, pastos cultivados, alfalfa, arveja, entre otros. La agricultura es temporal y estacional, a falta de infraestructura de riego que abastezca el recurso hídrico en forma permanente, que es importante en la zona. En la Tabla 2.5, se pueden ver los principales cultivos.

Tabla 2.5

Principales cultivos

Cultivo	Área (ha)	Rendimiento Kg/ha
Maíz amiláceo en grano	180.0	0.935
Haba grano seco	24.0	0.889
Cebada grano	166.0	0.892
Olluco	1.0	4,00
Papa	103.0	13.97
Grano de quinua	2.0	1,00
Trigo	188.0	1,00

Tuna fruta	5.18
Alfalfa	28.3
Maíz	4.75
Choclo	10.00
Zanahoria	2.17
Arveja grano seco	

Fuente: Ministerio de Agricultura -Ayacucho (2011)

2.5 Materiales equipos empleados

Se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- **Fase de gabinete**
 - Computadora
 - Impresora
 - Cámara digital
 - Calculadora
 - Libreta de campo
 - Expediente técnico
 - Juego de planos, etc.
- **Fase de campo**
 - Wincha de 50 ml
 - Pintura
 - Estacas
 - Flexómetro de 5 ml
 - Yeso
- **Maquinarias y equipos**
 - Máquina de fusión simple (cuña)
 - Cronómetro
 - Tensiómetro
 - Soplador de aire caliente (leister)
 - Grupo de generador
 - Manómetro
 - Extrusora

- **Software**
 - Microsoft Excel 2019
 - Microsoft Word 2019

2.6 Metodología

Para el proyecto de ingeniería, se obtuvo un total de 80 muestras; 40 muestras fusionadas por extrusión y 40 muestras unidas por fusión.

Muestreo: Con la norma ASTM 6392, lo mínimo a analizar es: tres pruebas de corte, tres pruebas de cizallamiento, teniendo cuatro interacciones y un total de 40 muestras a analizar por cada tipo de soldaduras de extrusión y fusión, como se muestra en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6

Tipo de investigación

Criterio	Tipo de investigación
Finalidad de las pruebas	Aplicativa
Metodológico	Cuantitativo
Objetivos generales	Explicativo
Recopilación de datos	Primario
Diseño de la prueba	Experimental
Temporalidad	Transversal
Contexto donde sucede	Pruebas de campo

Fuente: llanos (2019)

2.6.1 Población y muestras instrumentos y métodos

Población. Para las pruebas realizadas, se obtuvieron un total de 80 muestras, se sueldan 40 muestras de extrusión y 40 muestras de soldadura por fusión.

Muestra. De acuerdo con ASTM D 6392, el límite inferior se analiza de la siguiente manera: cuatro estilos de corte, cuarenta muestras para desgarrar, hubo cuatro reacciones y se analizaron un total de 80 muestras para cada tipo de pruebas de soldadura (extrusión y fusión). Según el tema de investigación, se decidió realizar 80 muestras; de las cuales 40 se tomaron para cizallamiento y 40 de desgarrar, para cada una de las dos reacciones de extrusión y fusión.

2.6.2 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

En las pruebas, se utilizó una geomembrana de buena densidad (HDPE) de 1,50 mm. Las pruebas de resistencia al cizallamiento y al desgarro se realizaron utilizando unas láminas extensiométricas DEMTECH Pro. Con la prueba se busca obtener una temperatura ideal para soldaduras por extrusión y buscar una óptima velocidad para soldaduras por fusión de las láminas de revestimiento de HDPE 1,50 mm, como se muestra en la Tabla 2.5.

Tabla 2.7

Métodos de recopilación de los datos

Variables	Indicador	Fuente	Técnica	Instrumentos
Resistencia al corte	lb/pulg.	Muestras de geomembrana	Recolección de información experimentales	Fichero de registro,
resistencia al desgarro	lb/pulg.	HDPE de 1.50 mm soldadas por extrusión y fusión		procesado en Microsoft Excel de las muestras sometidas a ensayos de extrusión y fusión

Fuente. GM 19. (2005)

2.7 PROCEDIMIENTOS

2.7.1 Ensayos destructivos (ASTM D6392)

Este tipo de ensayo permite determinar las características físicas y mecánicas de las soldaduras de los paños, pero no indican muy bien si la unión es hermética.

Este tipo de ensayos destructivos según las especificaciones de la GM19 se realizan según la normativa de esta en la zona de San Pedro marcado por el tesista.

Este tipo de investigación se busca la resistencia ideal al ensayo de cizallamiento y desgarro.

2.7.2 Ensayo de cizallamiento

- Rotura: tensiómetro Dentech.
- Inspección de la porosidad, amoladura, limpieza material.

- Las 10 muestras cumplen con la resistencia mínima según la norma ASTM D6392.
- La resistencia mínima es controlada según especificaciones de la norma ASTM D6392.
- La elongación deberá ser $\geq 50\%$ de corte de la geomembrana.

2.7.3 Ensayo de desgarro

- Rotura: tensiómetro Dentech.
- La inspección se realiza visualmente.
- Las 10 muestras cumplen con la resistencia mínima según la norma ASTM D6392.
- La longitud lineal de peleado debe ser $\leq 25\%$ para las mezclas de la geomembrana.

2.8 Pruebas de extrusión

Para esta prueba se utilizó una extrusora **Modelo ZX61A -3000** a la que se incorpora un dispositivo de aire caliente.

Dispositivo de control de temperatura y calentador para garantizar una fusión adecuada de la lámina de geomembrana HDPE de 1.5 mm, con un cordón de 5 mm. Este tipo de soldadura se utiliza para fijar y ejecutar el revestimiento producido por punzonamiento o rasgaduras al momento de la instalación.

- El especialista y el ayudante realizan la recopilación de las láminas de geomembrana HDPE de 1.5 mm a ensayar de medidas (0,40 m x 0,40 m, de 0,15 m x 2,20 m); con la ayuda de un cordel, escuadra y una cuchilla como se observa en la Figura 2.5.
- Una vez registrado los datos de las muestras en forma manual, se ordenan y enumeran y se forma una base de datos utilizando el programa de Excel 2019. El trabajo termina con los resultados de los datos en tablas y diagramas e indicadores estadísticos que el programa arroja tales como promedios.
- Análisis de datos: hay 2 fases las cuales la primera fase es la fase descriptiva y la segunda fase es la analítica.

Fase descriptiva: de los resultados procesados se describe la consistencia estadísticamente para obtener los objetivos propuestos.

Fase analítica: se utiliza los promedios y la desviación estándar.

- Se extraen muestras se puede observar en la Figura 2.5.

Figura 2.6

Habilitación de geomembrana



- **Acondicionamiento de extrusora**

El especialista y su ayudante verifican y monitorean la extrusora, la temperatura ideal de la máquina y la temperatura de aire calentando.

El ayudante con la máquina de la extrusora verifica en correcto funcionamiento luego de verificar se hará la unión de la geomembrana HDPE.

Figura 2.7

Calibración de temperatura



- El especialista realiza el amolado de un espesor de 1,00 pulgadas en los huecos causados por punzonamiento en la geomembrana de HDPE de 1.5 mm orificios generados por

pedras o algún otro elemento puntiagudo, luego con una amoladora de lija de n.º 80 se procede a amolar todo el contorno de la geomembrana como se observa en la Figura 2.8.

Figura 2.8

Amolado de la lámina de geomembrana de 1.5 mm



- El especialista inserta el cordón de HDPE de 5 mm a la extrusora para luego purgar el residuo de cordón que se quedó en la extrusora en las anteriores instalaciones.
- El especialista empieza la unión por extrusión con el cordón de HDPE de 5 mm, tratando que no se enrede entre sí el cordón y tener una adecuada instalación como se observa en la Figura 2.9.

Figura 2.9

Soldado por extrusión



- **Pruebas con el tensiómetro (muestras)**

- El especialista en control de calidad hace funcionar la máquina para validar y calibrar la máquina.
- Haciendo un análisis comparativo de todas las muestras obtenidas de las distintas soldaduras de las 4 temperaturas en práctica se hacen las pruebas de campo.

Figura 2.10

Pruebas con el tensiómetro

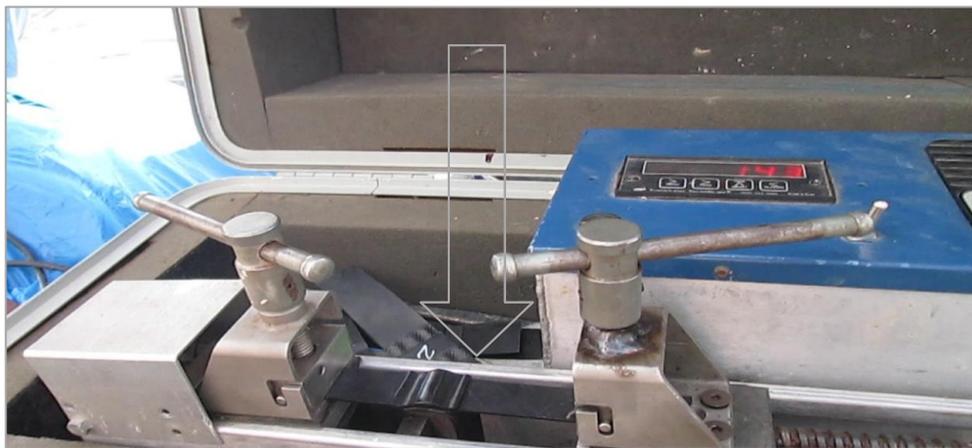


Tabla 2.8

Valores de corte y desgarro por extrusión establecidos por The geosynthetic Institute (GM-19)

Geomembrana HDPE 1,50 mm	lb/pulg	N/pulg
Prueba de cizallamiento	120	525
Prueba de desgarro	78	340

Fuente: The Geosynthetic Institute (2009)

- El especialista toma las muestras necesarias para someterlas a las pruebas.
- para obtener los resultados que nos permitirá elegir las resistencias máximas.
- Al final se hace uso de una cuchilla pico de loro, se cortará las muestras y será proporcional para su respectivo ensayo en el tensiómetro.
- Este tipo de ensayo destructivo se considera aprobado si se cumple con criterios de aceptación si uno o más muestras no cumplen con las especificaciones se considera defectuosa.

2.9 Prueba por fusión

En este tipo de pruebas se usa para soldar costuras de geomembrana adyacentes y no se usará para reparaciones o piezas. La máquina de soldadura por fusión autopropulsada, con poleas superpuestas y juntas entre ellas, brinda una resistencia positiva al avance y compresión de la soldadura. Además, este equipo cuenta con una cuña calefactora y una unidad de control. La velocidad y la temperatura aseguran una buena mezcla para alcanzar la resistencia óptima en la unión de los paños.

Preparación de la cuña:

- El especialista y el ayudante consiguieron las pequeñas muestras de lámina de HDPE de (0,40 m x 2,40 m y 0,30 m x 2,40 m), con la ayuda de un cordel y escuadra y un cuchillo de loro.
- El apoyo debe limpiar el área a soldar con un esparadrapo sintético.
- El ayudante de deslizamiento pondrá una franja de geomembrana de 0,30 metros de ancho aproximadamente, debajo de la superposición de geomembrana.
- El especialista de la cuña comprobará en la pantalla el control de la temperatura y velocidad de la máquina.
- El especialista corroborará la velocidad y la temperatura, así como la parte mecánica y fuerza de la cuña.
- El especialista comenzará la soldadura por fusión y el asistente caminará por la máquina para limpiar, verificar la alineación y ayudar a manejar el equipo de soldadura.

Tabla 2.9

Valores de corte y desgarro por fusión establecidos por The geosynthetic Institute (GM-19)

Geomembrana HDPE 1,50 mm	lb/pulg	N/pulg
Cizallamiento	120	525
Desgarro	91	398

Fuente. The Geosynthetic Institute (GM-19)(2009)

Figura 2.11

Calibración de la cuña termo fusionadora



Testeo de muestras

- El especialista de control de calidad realiza la prueba de resistencia de las muestras recibidas, a través del libro de cupones. La pestaña de cupones aparecerá en cada lado. El tensiómetro se calibrará mediante las opciones de presión.
- La prueba se realizó en la unión de las 2 costuras de geomembrana
- A continuación, se procederá a estirar y se cortar la muestra para someterlas a pruebas de (cizallamiento/desgarro).
- El ensayo de las muestras se realizará en laboratorio con el nombre de multiservicios escorpión el control de calidad del instalador el cual es responsable de la ejecución y evaluación de los resultados de las pruebas e informar el control de calidad de la instalación.
- Se obtuvieron 10 muestras con un ancho de 1 pulgada y 8 pulgadas de largo.
- Después de verificar las muestras, se abrirán y extraerán los cupones.
- Los pasos deben efectuarse con el dispositivo quieto y nunca en movimiento.
- El especialista de control de calidad tomo nota; entonces, obteniendo los resultados en el modelo de control de calidad.
- Una vez finalizada las pruebas se procede desconectar el tensiómetro.

Tabla 2.10

Datos de los ensayos realizados

Ensayo Destructivo y no Destructivo	Frecuencia
Destructivos fusión y extrusión	Uno mínimo cada 10 metros lineales de soldadura
Pruebas iniciales soldadura fusión Y extrusión	Cada 5 horas de trabajo
Pruebas de aire	Se realiza a toda la costura por cuña caliente
Prueba de cuchara	A todas las costuras realizadas por cuña caliente
Prueba de la chispa eléctrica	A todos los parches

Fuente: Karamanis (2012)

2.10 Procesamiento y análisis de datos

- Este tipo de investigación corresponde al tipo descriptivo, el cual propone conocer las variables de temperatura y velocidades, utilizando varios criterios sistemáticos que permitirán conocer la estructura o comportamiento de la geomembrana de HDPE de 1.5 mm.
- Verificamos la descripción de los hechos a partir de un criterio fundamentalmente teórico de la norma establecida.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

De todas las muestras obtenidas se compararon la resistencia mínima y máxima a extrusión, fusión según la norma GM-19a para extrusión, las resistencias a las fuerzas (cizallamiento de 120 lb/pulg y desgarro de 78 libras/pulg) y para fusión (cizallamiento de 120 y 91 libras/pulg.). La unión por extrusión se realiza con 04 variables de temperatura de la máquina (250°C, 260°C, 270°C, 280 °C) y la soldadura por fusión funciona a cuatro variables (04) (velocidades (3 m/min, 3.3 m/min, 3.5 m/min, 4 m/min), y la temperatura de la cuña es de 450° centígrados. Todas las soldaduras se mecanizan en láminas de geomembrana HDPE de 1,50 mm a continuación vemos los resultados de todas las muestras en las siguientes tablas de cada una de las muestras.

3.1 Control estadístico y gráfico aplicado a los resultados

Para la buena interpretación de los resultados nos basaremos en la media aritmética de las muestras y de gráficos obtenidos a partir de los resultados de las pruebas también con ayuda de la norma inglesa ASTM.

Media aritmética

La media aritmética es la suma de todos los valores obtenidos, dividido por el número de valores que hay, se muestra en la siguiente ecuación (Córdova, 2003).

$$\bar{x} = \frac{\sum_i^n = 1x_i}{n}$$

Gráficos estadísticos

Según los gráficos estadísticos son objetos semióticos complejos, pues su construcción, lectura e interpretación requiere la conjugación de diferentes objetos matemáticos, los que deben ser comprendidos cada uno por separado y en su conjunto. (Bertín ,1967)

3.2 Resultado de las muestras soldadas por extrusión

Tabla 3.1.

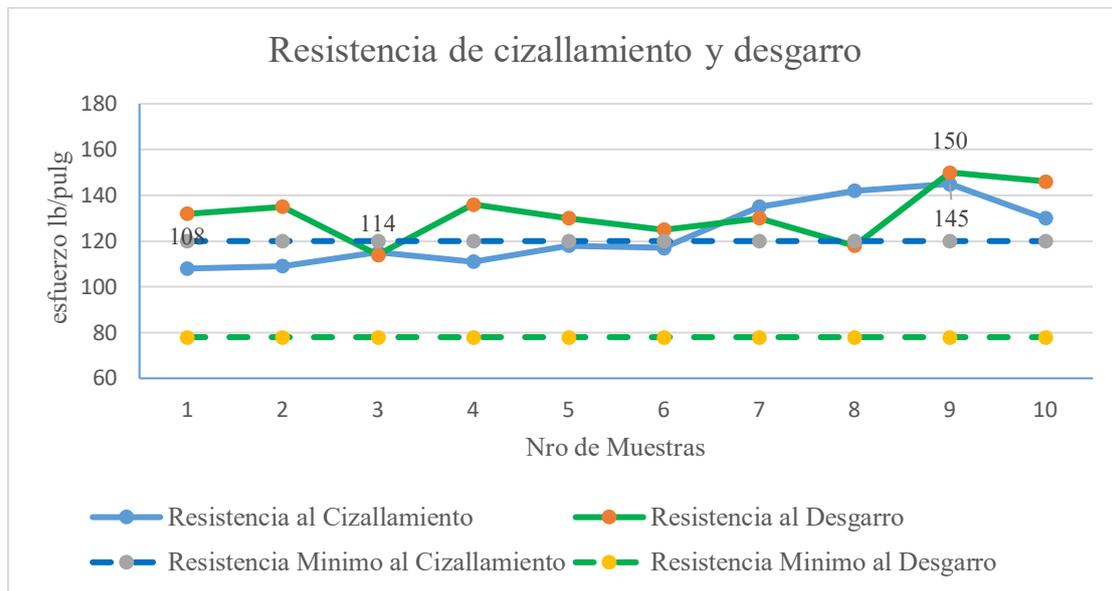
Resultados por unión a extrusión a 250°C, sometidas a pruebas de cizallamiento y desgarro

Muestras	Max. resistencia al cizallamiento(lb/pulg)	Pasa/Falla	Max. resistencia al desgarro(lb/pulg)	Pasa/Falla
1	108	Falla	132	Pasa
2	109	Falla	135	Pasa
3	115	Falla	114	Pasa
4	111	Falla	136	Pasa
5	118	Falla	130	Pasa
6	117	Falla	125	Pasa
7	135	Pasa	130	Pasa
8	142	Pasa	118	Pasa
9	145	Pasa	150	Pasa
10	130	Pasa	146	Pasa

Fuente: Multiservicios Escorpio (2021)

Figura 3.1

Resistencia por unión a extrusión a 250° centígrados



a) De la Figura 3.1 Podemos concluir que el esfuerzo a cizallamiento máximo es 145 lb/pulg y el mínimo es 108 lb/pulg lo cual no cumple con la norma ASTM.

Y que el esfuerzo al desgarro es mayor con un esfuerzo de 150 lb/pulg y el valor mínimo es 108 lb/pulg.

b) Se puede concluir que 6 muestras están por debajo de la resistencia mínima requerida según la norma ASTM.

c) La falla se produce por la mala calibración de la extrusora.

Tabla 3.2

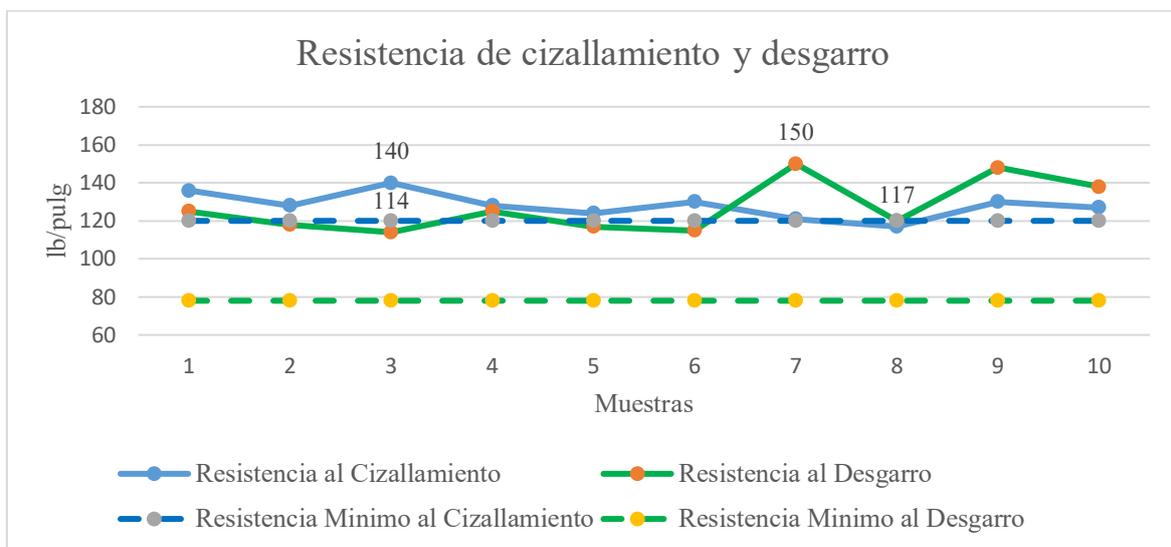
Resultados por unión a extrusión a 260°C, sometidos a pruebas de cizallamiento y desgarro

Muestras	Max. resistencia al cizallamiento(lb/pulg)	Pasa/Falla	Max. resistencia al desgarro(lb/pulg)	Pasa/Falla
1	136	Pasa	125	Pasa
2	128	Pasa	118	Pasa
3	140	Pasa	114	Pasa
4	128	Pasa	125	Pasa
5	124	Pasa	117	Pasa
6	130	Pasa	115	Pasa
7	121	Pasa	150	Pasa
8	117	Falla	120	Pasa
9	130	Pasa	148	Pasa
10	127	Pasa	138	Pasa

Fuente: Multiservicios Escorpio (2021)

Figura 3.2

Resistencia por unión a extrusión a 260° centígrados



- a) Se concluye que el esfuerzo a cizallamiento máximo es 140 lb/pulg y el mínimo es 117 lb/pulg lo cual no cumple con la norma ASTM.
- b) Se puede concluir que las muestra están por debajo de la resistencia mínima requerida según la norma ASTM.
- c) La falla se produce por la falta de limpieza en las láminas de geomembrana.

Tabla 3.3

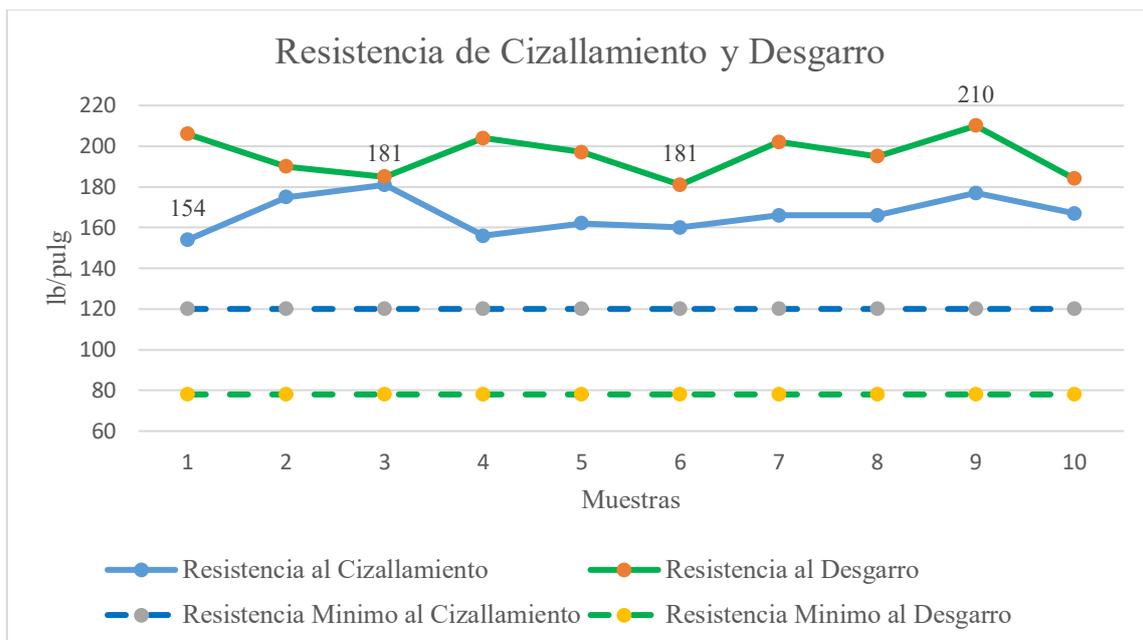
Resultados por unión a extrusión a 270°C, sometidos a pruebas de corte y desgarro

Muestras	Max. resistencia al cizallamiento(lb/pulg)	Pasa/Falla	Max. resistencia al desgarro(lb/pulg)	Pasa/Falla
1	154	Pasa	206	Pasa
2	175	Pasa	190	Pasa
3	181	Pasa	185	Pasa
4	156	Pasa	204	Pasa
5	162	Pasa	197	Pasa
6	160	Pasa	181	Pasa
7	166	Pasa	202	Pasa
8	166	Pasa	195	Pasa
9	177	Pasa	210	Pasa
10	167	Pasa	184	Pasa

Fuente: Multiservicios Escorpio (2021)

Figura 3.3

Resultados por unión a extrusión a 270° centígrados



a) Se puede concluir que el esfuerzo a cizallamiento máximo es 181 lb/pulg y el mínimo es 154 lb/pulg lo cual no cumple con la norma ASTM.

b) Se puede concluir de la Figura 3.3 que la resistencia al esfuerzo de desgarro es superior al esfuerzo mínimo de cizallamiento de 181 lb/pulg y esfuerzo máximo de 210 lb/pulg.

Tabla 3.4

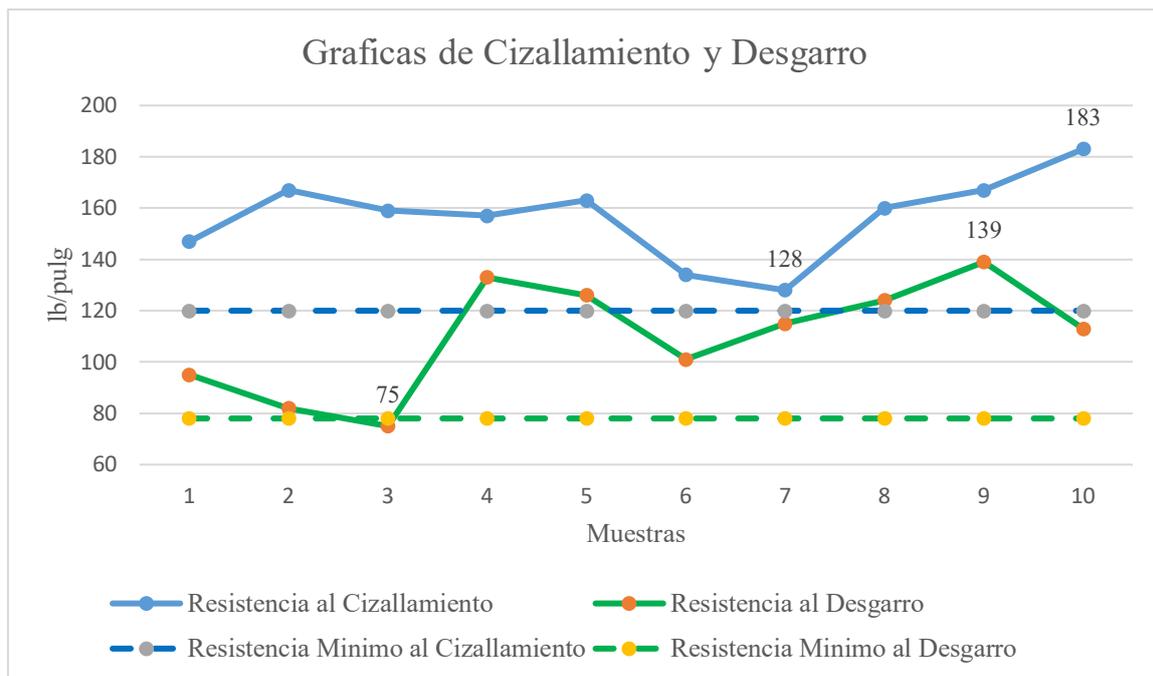
Resultados por unión a extrusión a 280°C, sometidos a pruebas de cizallamiento y desgarro

Muestras	Max. resistencia al cizallamiento(lb/pulg)	Pasa/Falla	Max. resistencia al desgarro(lb/pulg)	Pasa/Falla
1	147	Pasa	95	Pasa
2	167	Pasa	82	Pasa
3	159	Pasa	75	Falla
4	157	Pasa	133	Pasa
5	163	Pasa	126	Pasa
6	134	Pasa	101	Pasa
7	128	Pasa	115	Pasa
8	160	Pasa	124	Pasa
9	167	Pasa	139	Pasa
10	183	Pasa	113	Pasa

Fuente: Multiservicios Escorpio (2021)

Figura 3.4

Resultados por unión a extrusión a 280° centígrados



- a) Se concluye que el esfuerzo a desgarro máximo es 139 lb/pulg y el mínimo es 75 lb/pulg lo cual no cumple con la norma ASTM.
- b) Se puede concluir que las resistencias obtenidas a esta temperatura tienen falla a la resistencia de desgarro según la norma ASTM no cumpliría.
- c) Según los resultados observamos a esta temperatura tiene una falla a desgarro:

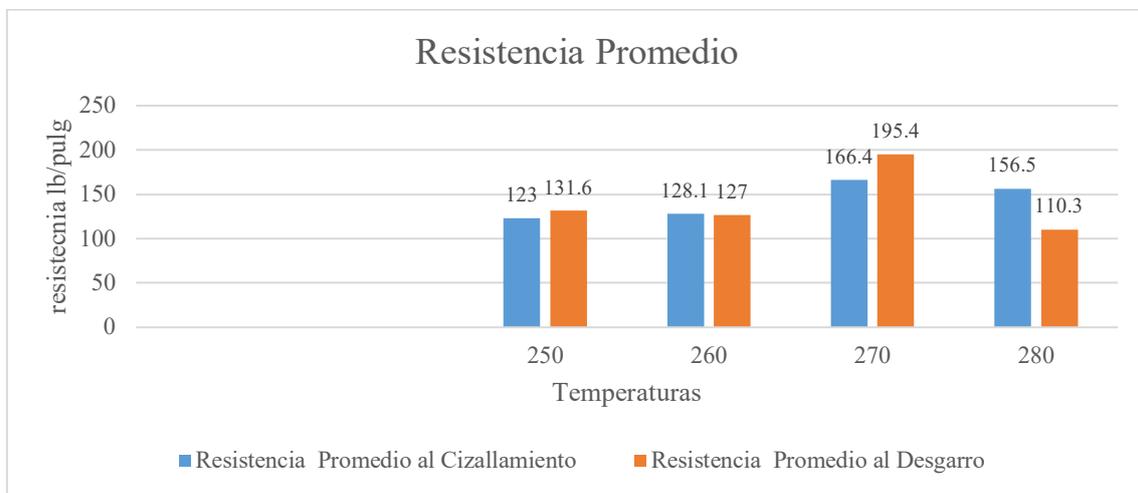
Tabla 3.5

Análisis comparativos de temperaturas

Temperatura °C	Resistencia promedio al cizallamiento	Resistencia promedio al desgarro
250	123	131.6
260	128.1	127
270	166.4	195.4
280	156.5	110.3

Figura 3.5

Resultado de resistencias promedios de temperatura



- De la figura se interpreta que a una temperatura de 250°C se obtiene esfuerzos de cizallamiento se 123 lb/pulg. y de desgarro un esfuerzo de 131.6 lb/pulg.
- De la figura se interpreta que a una temperatura de 260°C se obtiene esfuerzos de cizallamiento se 128.1 lb/pulg. y de desgarro un esfuerzo de 127 lb/pulg.
- De la figura se interpreta que a una temperatura de 270°C se obtiene esfuerzos de cizallamiento se 166.4 lb/pulg. y de desgarro un esfuerzo de 195.4 lb/pulg.

- De la figura se interpreta que a una temperatura de 280°C se obtiene esfuerzos de cizallamiento de 156.5 lb/pulg. y de desgarro un esfuerzo de 110.3 lb/pulg.

Figura 3.6

Resistencias promedias a cizallamiento

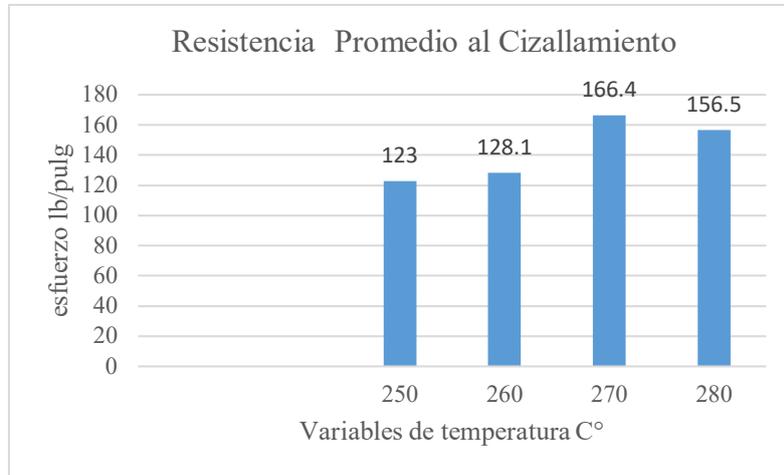
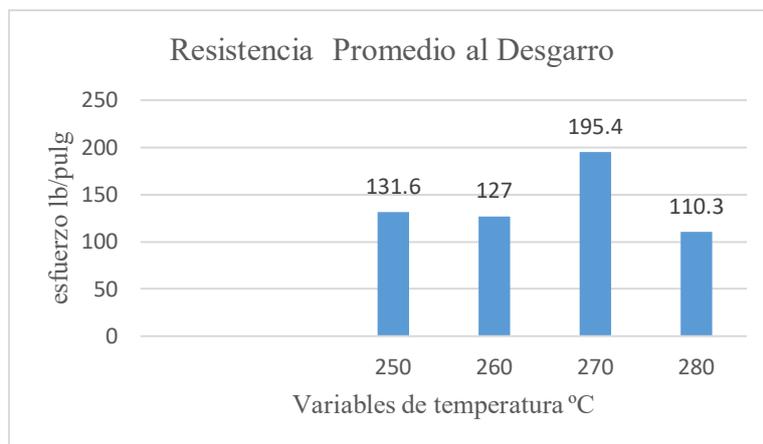


Figura 3.7

Resistencias promedias a desgarro



- De la figura resistencia promedio al cizallamiento se observa que a la temperatura de 270 °C se obtiene el promedio más alto de resistencia.
- De la figura resistencia promedio al cizallamiento se observa que a la temperatura de 250 °C se obtiene el promedio más bajo de resistencia.
- De la figura resistencia promedio a desgarro se observa que a la temperatura de 270 °C se obtiene el promedio más de alto de resistencia.
- De la figura resistencia promedio a desgarro se observa que a la temperatura de 250 °C se obtiene el promedio más bajo de resistencia

Tabla 3.6

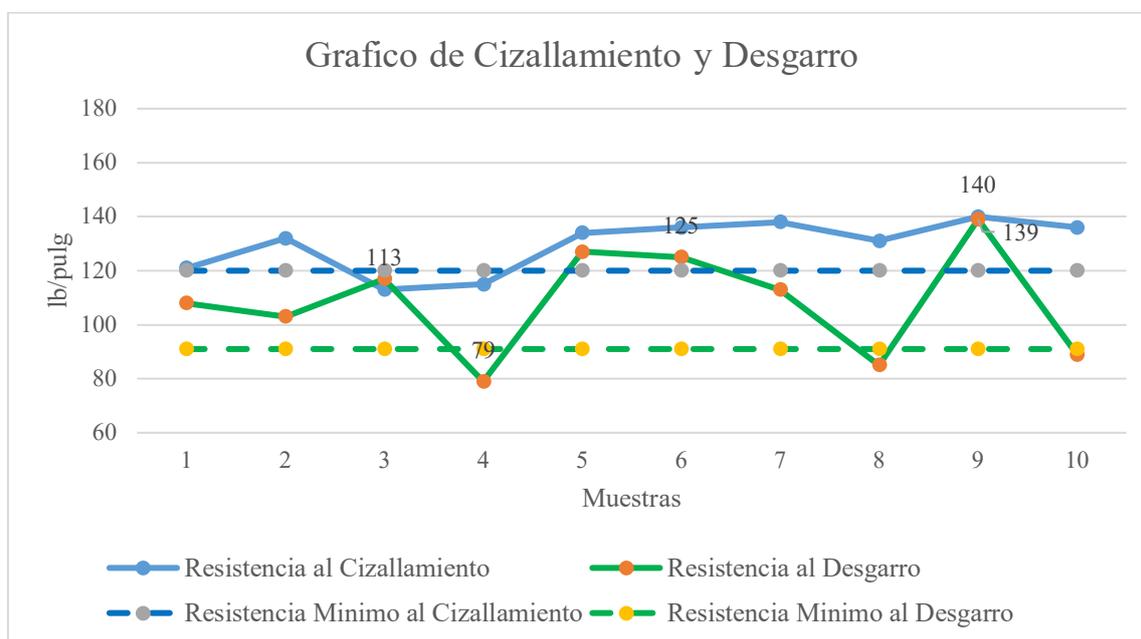
Resultados de fusión a una velocidad de 3.0m/min, sometidos a pruebas de cizallamiento y desgarro

Muestras	Max. Resistencia al cizallamiento(lb/pulg)	Pasa/Falla	Max. Resistencia al desgarro(lb/pulg)	Pasa/Falla
1	121	Pasa	108	Pasa
2	132	Pasa	103	Pasa
3	113	Pasa	117	Pasa
4	115	Pasa	79	Falla
5	134	Pasa	127	Pasa
6	136	Pasa	125	Pasa
7	138	Pasa	113	Pasa
8	131	Pasa	85	Falla
9	140	Pasa	139	Pasa
10	136	Pasa	89	Falla

Fuente: Multiservicios Escorpio (2021)

Figura 3.8

Resultados obtenidos de fusión a una velocidad de 3.0 m/min.



a) Se concluye que el esfuerzo a desgarro máximo es 139 lb/pulg. y el mínimo es 79 lb/pulg. lo cual no cumple con la norma ASTM.

b) Se puede concluir que las resistencias obtenidas a esta velocidad tienen falla a la resistencia de desgarro según la norma ASTM no cumpliría.

c) Según los resultados observamos a esta velocidad tiene una falla a desgarro.

Tabla 3.7

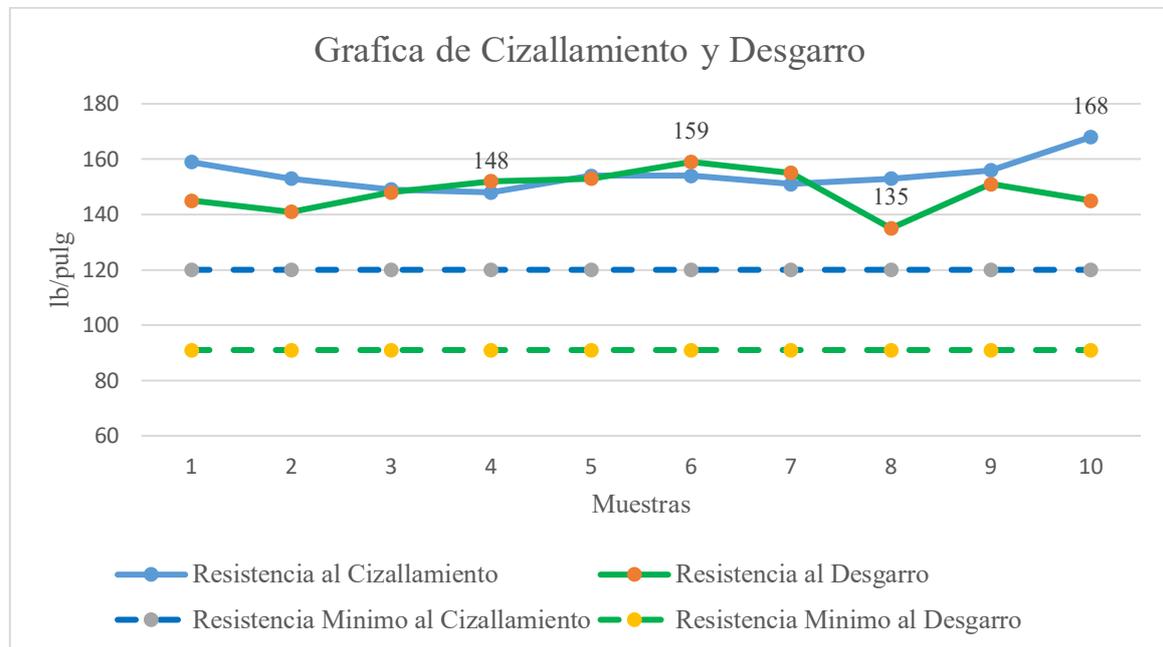
Resultados de fusión a una velocidad de 3.3m/min, sometidos a pruebas de cizallamiento y desgarro

Muestras	Max. Resistencia al cizallamiento(lb/pulg)	Pasa/Falla	Max. Resistencia al desgarro(lb/pulg)	Pasa/Falla
1	159	Pasa	145	Pasa
2	153	Pasa	141	Pasa
3	149	Pasa	148	Pasa
4	148	Pasa	152	Pasa
5	154	Pasa	153	Pasa
6	154	Pasa	159	Pasa
7	151	Pasa	155	Pasa
8	153	Pasa	135	Pasa
9	156	Pasa	151	Pasa
10	168	Pasa	145	Pasa

Fuente: Multiservicios Escorpio (2021)

Figura 3.9

Resultados obtenidos de fusión a una velocidad de 3.3 m/min



a) Se concluye que el esfuerzo a desgarro y a cizallamiento son altos lo cual cumple con la norma ASTM.

b) Se puede concluir que las resistencias obtenidas a esta velocidad no tienen ninguna falla a la resistencia de desgarro ni cizallamiento según la norma ASTM cumpliría.

c) Según los resultados observamos a esta velocidad tiene valores altos por lo cual sería la velocidad óptima para la unión de la geomembrana.

Tabla 3.8

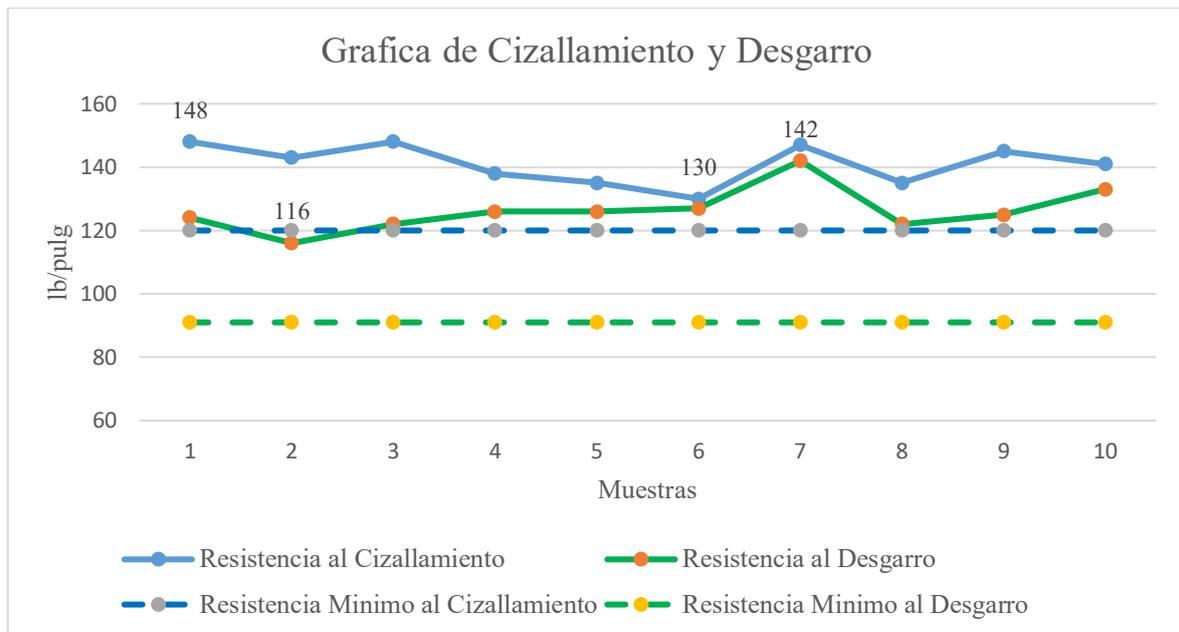
Resultados de fusión a una velocidad de 3.5m/min, sometidos a pruebas de cizallamiento y desgarro

Muestras	Max. Resistencia al cizallamiento(lb/pulg)	Pasa/Falla	Max. Resistencia al desgarro(lb/pulg)	Pasa/Falla																				
1	148	Pasa	124	Pasa																				
2	143	Pasa	116	Pasa																				
3	148	Pasa	122	Pasa																				
4	138	Pasa	126	Pasa																				
5	135	Pasa	126	Pasa																				
6	130	Pasa	127	Pasa </tr <tr> <td>7</td> <td>147</td> <td>Pasa</td> <td>142</td> <td>Pasa</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>135</td> <td>Pasa</td> <td>122</td> <td>Pasa</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>145</td> <td>Pasa</td> <td>125</td> <td>Pasa</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>141</td> <td>Pasa</td> <td>133</td> <td>Pasa</td> </tr>	7	147	Pasa	142	Pasa	8	135	Pasa	122	Pasa	9	145	Pasa	125	Pasa	10	141	Pasa	133	Pasa
7	147	Pasa	142	Pasa																				
8	135	Pasa	122	Pasa																				
9	145	Pasa	125	Pasa																				
10	141	Pasa	133	Pasa																				

Fuente. Multiservicios Escorpio (2021)

Figura 3.10

Resultados obtenidos de fusión a una velocidad de 3.5 m/min



- a) Se concluye que el esfuerzo a desgarro y a cizallamiento cumple con la norma ASTM.
- b) Se concluye que las resistencias obtenidas a esta velocidad no tienen ninguna falla a la resistencia de desgarro ni cizallamiento según la norma ASTM cumpliría.
- c) Según los resultados se observa a esta velocidad tiene valores promedio que cumplen la norma ASTM.

Tabla 3.9

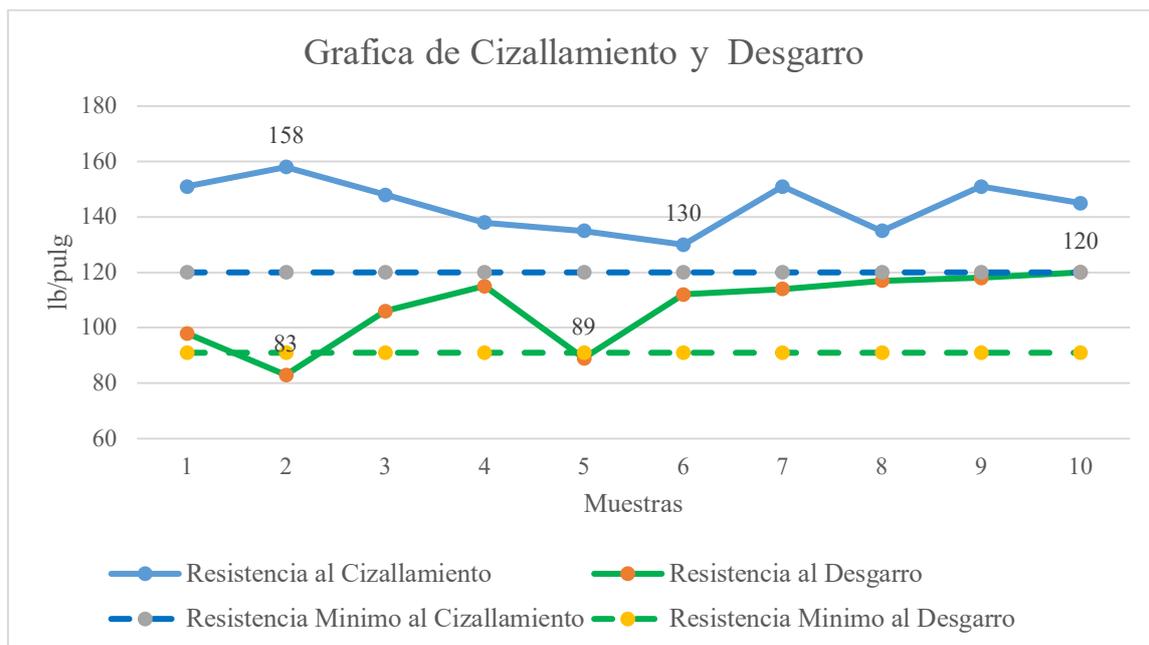
Resultados de fusión a una velocidad de 4.0m/min, sometidos a pruebas de cizallamiento y desgarro

Muestras	Max. Resistencia al cizallamiento(lb/pulg)	Pasa/Falla	Max. Resistencia al desgarro(lb/pulg)	Pasa/Falla
1	151	Pasa	98	Pasa
2	158	Pasa	83	Falla
3	148	Pasa	106	Pasa
4	138	Pasa	115	Pasa
5	135	Pasa	89	Falla
6	130	Pasa	112	Pasa
7	151	Pasa	114	Pasa
8	135	Pasa	117	Pasa
9	151	Pasa	118	Pasa
10	145	Pasa	120	Pasa

Fuente. Multiservicios Escorpio (2021)

Figura 3.11

Resultados obtenidos de fusión a una velocidad de 4.0 m/min



- a) Se concluye que el esfuerzo a desgarro máximo es 120 lb/pulg. y mínimo 83 lb/pug. lo cual no cumple con la norma ASTM.
- b) Se concluye que las resistencias obtenidas a esta velocidad tienen falla a la resistencia de desgarro lo cual no cumpliría según la norma ASTM.
- c) Según los resultados se observa a esta velocidad tiene fallas a la resistencia de desgarro.

Tabla 3.10

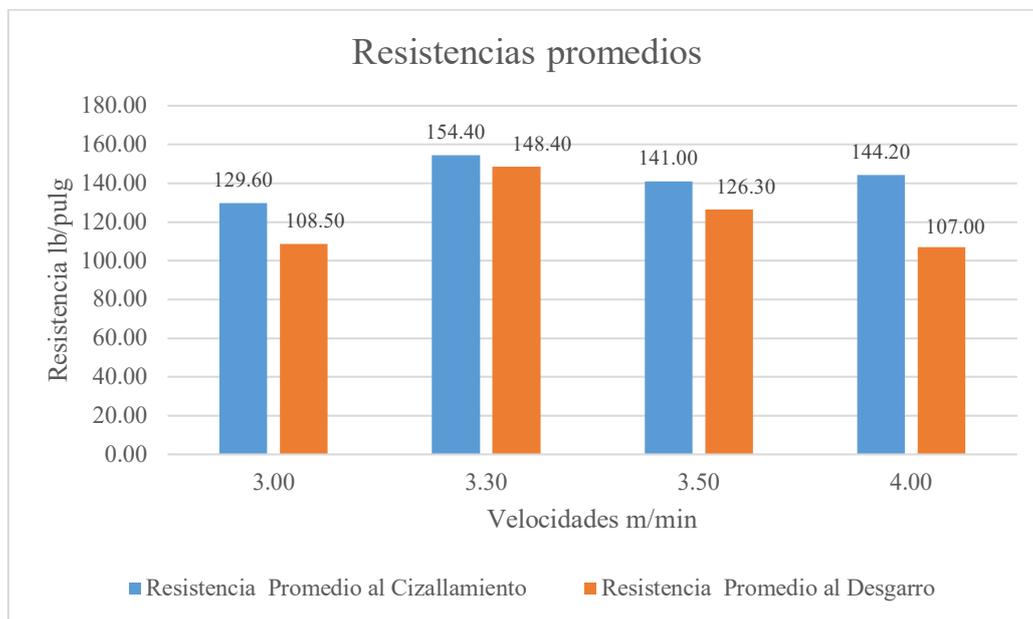
Análisis comparativos de velocidades

Velocidad m/min	Resistencia promedio al cizallamiento	Resistencia promedio al desgarro
3.00	129.60	108.50
3.30	154.40	148.40
3.50	141.00	126.30
4.00	144.20	107.00

Fuente: Multiservicios Escorpión (2021)

Figura 3.12

Resultado de resistencias promedios de temperatura



De la Figura 3.10 se puede concluir que la soldadura por fusión que a una velocidad de 3.00 m/min obtenemos unos resultados de esfuerzo a cizallamiento mayor mientras que el esfuerzo a desgarro es menor y a una velocidad de 3.3m/min se obtuvo promedio de mayor resistencia al esfuerzo de cizallamiento y desgarro , 3.5 m/min se obtuvo resultados menores a la velocidad anteriormente mencionada para ambos resultados,4.0 m/min a esta velocidad se obtuvo un

esfuerzo al cizallamiento alto mientras que al esfuerzo de desgarro se obtuvo resistencias menores a las anteriores velocidades.

3.3 Pruebas no destructivas de control final desarrolladas en la investigación

Prueba de aire

Viene hacer la inserción de aire en el canal formado por la unión de la cuña caliente. Para esta prueba, hay una aguja con manómetro de aire y una bomba de aire; en este caso, se ha utilizado una bomba manualmente inflable. Se inyectó 205 kpa de Pascal que es equivalente a (30 PSI) de presión dentro de la soldadura, mientras esperaba su instalación y mide la pérdida de presión durante cinco minutos, como se muestra en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11

Tabla de control de presiones de geomembrana

Espesor	Presión (Kpa)	Presión (PSI)	Pérdida de presión (Kpa)	Pérdida de presiones (PSI)
1.00 mm	205	30	28	4
1.5 mm	205	30	21	3
2.00 mm	205	30	14	2
2.50 mm	205	30	14	2

Fuente: ASTM (2009)

Tabla 3.12

Resultados de las pruebas de aire final

Ubicación entre paneles	Número de manómetro	Longitud (mt)	Tiempo (h)		Presión (PSI)		Pasa o Falla
			Inicio	Final	Inicio	Final	
1 - 2	1	53	9:50	9:55	30 psi	29psi	P
2 - 3	1	106	10:00	10:05	30 psi	30 psi	P
3 - 4	1	159	10:15	10:20	30 psi	30 psi	P
4 - 5	1	212	10:25	10:30	30 psi	30 psi	P
5 - 4	1	265	10:35	10:40	30 psi	30 psi	P

Fuente: Multiservicios Escorpio (2021)

DISCUSIONES

a) Según los resultados obtenidos de las muestras soldadas por extrusión, hay controversia. La suposición de que a medida que incrementa la temperatura de la extrusora de 250° grados centígrados a 280° grados centígrados incrementa el esfuerzo al cizallamiento, lo que a 250°C se produce fallas de soldadura por mala calibración.

De acuerdo a llanos chuquiruna (2019), las soldaduras de geomembrana HDPE con temperaturas mayores a 270°C en extrusión, fallan por la misma temperatura del cordón HDPE en contacto con la geomembrana, lo que a una temperatura de 250°C no alcanza una temperatura ideal de fundición.

b) Según los resultados obtenidos de las muestras soldadas por fusión, hay controversia. La suposición de que a medida que incrementa la velocidad en la cuña de 3 m/min a 4m/min incrementa el esfuerzo de desgarro, al inicio se presenta fallas por la mala calibración de la máquina y a temperaturas superiores presenta fallas de desgarro.

c) Según los resultados que se obtuvieron de las muestras de soldaduras por fusión y extrusión se realizó la prueba no destructiva una vez obtenida las resistencias al cizallamiento y desgarro por los métodos de extrusión y fusión se pasaron a realizar las pruebas no destructivas de bomba de aire en la cual no se obtuvo ninguna falla en todas las costuras, donde se lograron esfuerzo al cizallamiento y al desgarro superiores al requerido para el GM-19a.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

1. Según los resultados obtenidos de las muestras soldadas por extrusión a medida que incrementa la temperatura de la extrusora de 250° a 280° incrementa el esfuerzo al cizallamiento, lo que a 250°C se produce fallas de soldadura por mala calibración y a 260°C se produce fallas por falta de limpieza en la geomembrana a la temperatura 270°C es la temperatura ideal para soldar, ésta es la temperatura a la que los gránulos de HDPE alcanzan la temperatura de fusión adecuada para la soldadura y a 280°C se produce fallas de desgarro por la alta temperatura, por lo que a 270°C tiene resistencia al cizallamiento y al desgarro altos que son superiores a las especificaciones que establece el GM-19a.

2. Según los resultados obtenidos de las muestras de soldadura por fusión a velocidades que oscilan entre 3m/min a 4m/min. por lo que a una velocidad de 3 m/min se produce fallas por la mala calibración del equipo y baja velocidad y a una velocidad de 3.3 m/min se produce resistencia altas a las demás temperaturas y a una velocidad de 3.5 m/min se produce resistencias bajas y a una velocidad de 4 m/min la resistencia al cizallamiento y desgarro empieza a disminuir y son inferiores a lo requerido por las especificaciones según la GM-19 fallan debido que a mayor velocidad de la cuña hay menor contacto de la geomembrana HDPE por lo cual no se logra una buena fusión entre paños de geomembrana HDPE.

3. Según los resultados que se obtuvieron de las primeras pruebas ya mencionadas a) y b) soldadas por fusión y extrusión que nos indica la temperatura adecuada para extrusión es de 270°C y la óptima velocidad es de 3.3 m/min en la comunidad de San Pedro de Campamento a una altura de 2800 msnm se pasó a realizar las pruebas no destructivas una vez obtenida las resistencias al cizallamiento y desgarro por los métodos de soldadura a extrusión y fusión donde se realiza la prueba no destructiva de bomba de aire en la cual no se hayo ninguna falla en ninguna de las costuras, donde se lograron esfuerzo al cizallamiento y al desgarro superiores al requerido para el GM-19a.

CAPÍTULO V

RECOMENDACIONES

1. Para los usuarios de geosintéticos y HDPE, se recomienda controlar la calidad de los materiales, observar adecuadamente el proceso de termofusión y corroborar un buen proceso constructivo.
2. Hacer las pruebas de calibración o sellado de las máquinas en ambientes limpios de impurezas y a una temperatura ambiente.
3. Buscar los parámetros óptimos con pruebas de campo para obtener resultados óptimos en los distintos tipos de materiales de geosintéticos.
4. Tener cuidado con los paños o costuras de la geomembrana al momento de sellar las costuras con la cuña termo fusionadora.
5. Para los estudiantes, investigar el envejecimiento de la geomembrana y soldaduras, y el daño que puede ocurrir en estructuras expuestas a los elementos para enfocarse en su comportamiento y predecir con mayor precisión el comportamiento de estos materiales.
6. Recibir capacitación constante con las nuevas innovaciones tecnológicas, como son ahora los geosintéticos y materiales de HDPE para los sistemas hidráulicos y otros usos en la construcción.

REFERENCIAS

- ASTM International. (2002). *Práctica estándar para determinar la integridad de las costuras de campo utilizadas para unir geomembranas de láminas poliméricas flexibles*. ASTM D 4437 – 99. Estados Unidos: Copyright © ASTM International.
- ASTM International. (2008). *Método de prueba estándar para determinar la integridad de las costuras de geomembrana no reforzadas producidas mediante métodos de termofusión*. ASTM D 6392 – 99. Estados Unidos.: Copyright © ASTM International.
- Alza, Augusto. (21 de 09 de 2014) www.geosperu.com . obtenido de <https://www.geosperu.com>
- Breitenbach, A & Smith ,M (2007) la historia de la geomembrana en la industria minera,lima-peru.
- Blanco, M.; García de Cea, J. y Sánchez, F. (2008). *Impermeabilización de balsas con geomembrana sintéticas: control y seguimiento*, pp.1-8.
- Contreras, J.Barraza, D.Castro ,D & Vega,A (2009) *Análisis Térmico de geosintéticos utilizados en la rehabilitación de pavimentos* .Ingeniari .Revista Chilena de Ingenieria, Vol 17 N°1,2009:chile [Versión electrónica].
- Córdova (2003). *Estadística descriptiva e inferencial* (5ta ed). lima, Perú: Moshera S.R.L
- Díaz, J. F., Escobar O. E., Olivo E. J. (2009). *Aplicaciones de geosintéticos en la estructura de la pavimentación y drenaje de carreteras* [Tesis de graduación, Universidad de El Salvador en Centroamérica].
- Geosistema Pavco SA. (2009) *Manual de diseño con geosintéticos (octava edición)*. Bogotá D.C.
- GM-19 (2005). Instituto de Investigación de Geosintéticos (GRI). *Método de prueba GM-19*.GM-19: Copyrigh©Geosythetic Intitute.
- Koerner M. (2012). *Diseño con geosintéticos*. 4.^a ed. Estados Unidos de América.
- Koerner, R. M.; Hsuan, Y.G. y Koerner, G. R. (2016). Predicciones de por vida de geotextiles y geomembranas expuestos. *Geosintéticos Internacional*. [http:// dx.doi.org/10.1680/jgein.16.00026](http://dx.doi.org/10.1680/jgein.16.00026).
- Llanos Chuquiruna, E. J. (2019). *Resistencia al corte y desgarró en geomembrana HDPE* [Tesis de Titulación, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú].

quiminet.com. (16 de junio de 2016). <https://www.quiminet.com>. <https://www.quiminet.com/articulos/los-dos-tipos-de-soldadura-de-geomembranas-265551.htm>

Rogelio,R. (2012) *Área de pre-comisionado -desarrollo de proyectos-MYSRL*,Universidad Nacional de Cajamarca ,Cajamarca ,Perú.

Sheirs,J (2009).*A guiede to polymeric Geomembranes.Australia:A Jhon Wiley and Sons,Ltd.,Publication*

Tejada, O. (2014). *Parámetro de soldadura de fusión entre geomembranas de alta densidad y de baja densidad* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú].

Valencia, G. M. (2009). *Análisis de una geomembrana de HDPE de alta densidad con propósitos de impermeabilización den el desarrollo de proyectos de ingeniería en Magallanes* (Tesis de bachiller), Universidad de Magallanes Chile.

ANEXO

Anexo 1. Panel fotográfico

Anexo 2. Pruebas de laboratorio

PANEL FOTOGRÁFICO

Parámetros de soldadura de fusión en el reservorio de geomembrana HDPE en la comunidad de san pedro, Distrito de San José de Tiellas, Huamanga – Ayacucho-2023.



Fotografía N° 01: se observa el tendido de la geotextil



Fotografía N° 02: se observa el empalme de geotextil con el leister



Fotografía N° 03: se observa El tendido de geotextil en la base del reservorio



Fotografía N° 04: se observa el tendido de geomembrana en la base del reservorio



Fotografía N° 05: se observa el tendido de geomembrana en todo el reservorio



Fotografía N° 06: se observa el tendido de geomembrana en el margen derecho



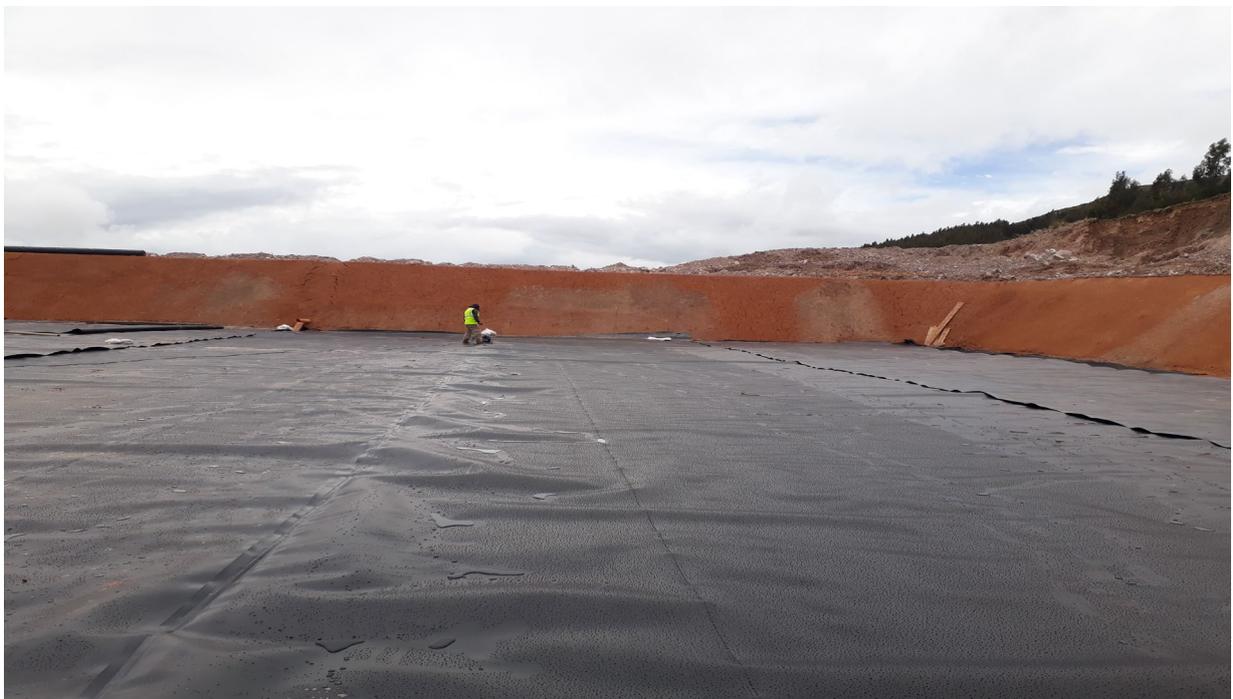
Fotografía N° 07: se observa la unión de paneles con la cuña



Fotografía N° 08: se observa la unión de paneles con la cuña



Fotografía N° 09: se observa la unión de costuras con la cuña



Fotografía N° 10: se observa la unión de los paneles en la base del reservorio



Fotografía N° 11: se observa el sellado con la extrusora



Fotografía N° 12: se observa el sellado con la extrusora

CONTROL DE CALIDAD PARA
GEOMEMBRANA HDPE
1.50MM: "MEJORAMIENTO Y
AMPLIACION DEL SERVICIO
DE AGUA PARA EL SISTEMA DE
RIEGO COMPLEMENTARIO EN
LA COMUNIDAD DE SAN
PEDRO DE CAMPAMENTO DEL
DISTRITO DE SAN JOSE DE
TICLLAS - PROVINCIA
HUAMANGA -
DEPARTAMENTO DE
AYACUCHO"



JOSE RICARDO ARISTA PRADO

ANEXO A

ACEPTACIÓN DE TERRENO

Aceptación de la Superficie de Terreno

Nombre del Proyecto: **"MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS - PROVINCIA HUAMANGA - DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"**

Cliente **CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C**

Nro del Proyectos 301
Fecha **15 Marzo 2021**

Ubicación **DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS - HUAMANGA - AYACUCHO**

Este documentación se aplica solo a la aceptación de las condiciones de la superficie para instalación de productos geosintéticos. **JOSE RICARDO ARISTA PRADO** no acepta la responsabilidad por la compactación, elevación o contenido de humedad, ni por el mantenimiento de la condición de la superficie durante la instalación. La integridad estructural del suelo y el mantenimiento de estas condiciones son la Responsabilidad del Propietario o del Contratista de Movimiento de Tierras.

OBSERVACIÓN

NINGUNA OBSERVACION

APROBACIÓN.

FECHA 15 Marzo 2021

Por JOSE RICARDO ARISTA PRADO

Por el Contratista

Multiservicios "ESCORPIO"
RUC N° 10283087412
José Ricardo Arista Prado
GERENTE
DNI N° 25308741

Por Supervisión

EMPRESA CONTRATISTAS GENERALES
JOSFOR S A C
José Luis Bedriñana Bellido
GERENTE GENERAL

JOSE RICARDO ARISTA PRADO

ANEXO B

PRUEBA INICIAL

PRUEBA INICIAL (PRE WELD) FUSIÓN

Nombre del Proyecto: **"MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS - PROVINCIA HUAMANGA - DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"**
 Nro del Proyectos **301**
 Cliente **CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C** Fecha **15 - 16 - 17 Marzo 2021**
 Ubicación **DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS - HUAMANGA – AYACUCHO** Descripción Obra **RESERVORIO DE AGUA**

Welding Data							PEEL TEST: min.			SHEAR TEST: min.			P/F	
Fecha	Espesor	Máquina					Ambiente °C	CUPONES			CUPONES			
		Hora	Oper	N°	Temp °C	Vel. m/min		1	2	3	1	2	3	
15-03-2021	1.50mm	9:45	S.B	35678	450	3.3	15	√	√	√	√	√	√	P
15-03-2021	1.50mm	11:00	S.B	35678	450	3.3	16	√	√	√	√	√	√	P
16-03-2021	1.50mm	09:15	S.B	35678	450	3.3	18	√	√	√	√	√	√	P
16-03-2021	1.50mm	10:30	S.B	35678	450	3.3	17	√	√	√	√	√	√	P
17-03-2021	1.50mm	11:05	S.B	35478	450	3.3	17	√	√	√	√	√	√	P
17-03-2021	1.50mm	11:45	S.B	35678	450	3.3	18	√	√	√	√	√	√	P

OBSERVACIONES

APROBACIÓN

Por JOSE RICARDO ARISTA PRADO  Multiservicios "ESCORPIO" R.U.C N° 10283087412 José Ricardo Arista Prado GERENTE DNI N° 28308741	Por el Residente  AMÍLCAR JUÁREZ CHOQUE INGENIERO AGRICOLA Reg. C.I.P. 113688
--	--

PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA

GRI GM-19

ASTM D6392

TIPO DE SOLDADURA: **EXTRUSION**

Nombre Del Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS- PROVINCIA HUAMANGA-DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

Cliente: CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C

Nro de proyecto: 301

Ubicacion: DISTRITO SAN JOSE DE TICLLAS-HUAMANGA-AYACUCHO

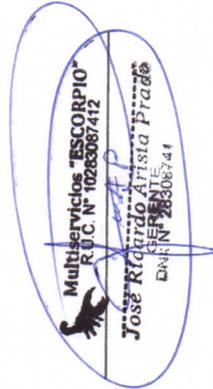
Fecha: 30 de marzo 2021

PRUEBA N°	FECHA	TEMPERATURA °C			CORTE 120 lb/pulg			DESGARRO 78 lb/pulg			GEOMENBRANA		
		Ambiente	Extrusora	Aire Caliente	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	CORTE (lb/pulg)	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	DESGARRO (lb/pulg)	ESPESOR DE LAMINA (mm)	CALIDAD	TEXTURADA
1	30/03/2021	18	250	17	108	Falla	132	Pasa	132	1.50	HDPE	LISA	
2	30/03/2021	18	250	17	109	Falla	135	Pasa	135	1.50	HDPE	LISA	
3	30/03/2021	18	250	17	115	Falla	114	Pasa	114	1.50	HDPE	LISA	
4	30/03/2021	18	250	17	111	Falla	136	Pasa	136	1.50	HDPE	LISA	
5	30/03/2021	18	250	17	118	Falla	130	Pasa	130	1.50	HDPE	LISA	
6	30/03/2021	18	250	17	117	Falla	125	Pasa	125	1.50	HDPE	LISA	
7	30/03/2021	18	250	17	135	Pasa	130	Pasa	130	1.50	HDPE	LISA	
8	30/03/2021	18	250	17	142	Pasa	118	Pasa	118	1.50	HDPE	LISA	
9	30/03/2021	18	250	17	145	Pasa	150	Pasa	150	1.50	HDPE	LISA	
10	30/03/2021	18	250	17	130	Pasa	146	Pasa	146	1.50	HDPE	LISA	

OBSERVACIONES

JOSE RICARDO ARISTA PRADO

Por el Residente



PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA

GRI GM-19

ASTM D6392

TIPO DE SOLDADURA : EXTRUSION

Nombre Del Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS- PROVINCIA HUAMANGA-DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

Cliente: CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C

Ubicacion: DISTRITO SAN JOSE DE TICLLAS-HUAMANGA-A YACUCHO

Nro de proyecto: 301

Fecha: 30 de marzo 2021

PRUEBA Nº	FECHA	TEMPERATURA °C			CORTE 120 lb/pulg		DESGARRO 78 lb/pulg			GEOMENBRANA		
		Ambiente	Extrusora	Aire Caliente	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	ESPESOR DE LAMINA (mm)	CALIDAD	TEXTURADA	
1	30/03/2021	18	260	17	136	Pasa	125	Pasa	1.50	HDPE	LISA	
2	30/03/2021	18	260	17	128	Pasa	118	Pasa	1.50	HDPE	LISA	
3	30/03/2021	18	260	17	140	Pasa	114	Pasa	1.50	HDPE	LISA	
4	30/03/2021	18	260	17	128	Pasa	125	Pasa	1.50	HDPE	LISA	
5	30/03/2021	18	260	17	124	Pasa	117	Pasa	1.50	HDPE	LISA	
6	30/03/2021	18	260	17	130	Pasa	115	Pasa	1.50	HDPE	LISA	
7	30/03/2021	18	260	17	121	Pasa	150	Pasa	1.50	HDPE	LISA	
8	30/03/2021	18	260	17	117	Falla	120	Pasa	1.50	HDPE	LISA	
9	30/03/2021	18	260	17	130	Pasa	148	Pasa	1.50	HDPE	LISA	
10	30/03/2021	18	260	17	127	Pasa	138	Pasa	1.50	HDPE	LISA	

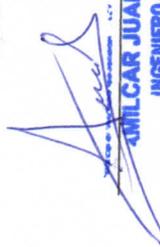
OBSERVACIONES

JOSE RICARDO ARISTA PRADO

Por el Residente



Multiservicios "BSCORPIO"
 R.U.C. N° 10283087412
 GERENTE
José Ricardo Arista Prado
 DNI: N° 28305741



MILCAR JUAREZ CHOQUE
 INGENIERO AGRICOLA
 Reg. C.I.P. 1°3688

PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA

GRI GM-19

ASTM D6392

TIPO DE SOLDADURA : **EXTRUSION**

Nombre Del Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS-PROVINCIA HUAMANGA-DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

Cliente: CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C

Nro de proyecto:301

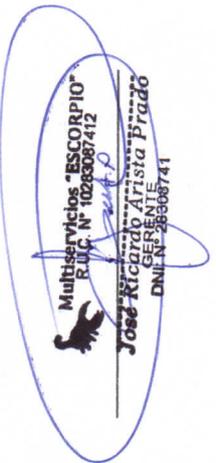
Ubicacion:DISTRITO SAN JOSE DE TICLLAS-HUAMANGA-AYACUCHO

Fecha:30 de marzo 2021

PRUEBA N°	FECHA	TEMPERATURA °C		CORTE 120 lb/pulg		DESGARRO 78 lb/pulg			GEOMENBRANA		
		Ambiente	Extrusora	Aire Caliente	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	ESPESOR DE LAMINA (mm)	CALIDAD	TEXTURADA
1	30/03/2021	18	270	17	154	Pasa	206	Pasa	1.50	HDPE	LISA
2	30/03/2021	18	270	17	175	Pasa	190	Pasa	1.50	HDPE	LISA
3	30/03/2021	18	270	17	181	Pasa	185	Pasa	1.50	HDPE	LISA
4	30/03/2021	18	270	17	156	Pasa	204	Pasa	1.50	HDPE	LISA
5	30/03/2021	18	270	17	162	Pasa	197	Pasa	1.50	HDPE	LISA
6	30/03/2021	18	270	17	160	Pasa	181	Pasa	1.50	HDPE	LISA
7	30/03/2021	18	270	17	166	Pasa	202	Pasa	1.50	HDPE	LISA
8	30/03/2021	18	270	17	166	Pasa	195	Pasa	1.50	HDPE	LISA
9	30/03/2021	18	270	17	177	Pasa	210	Pasa	1.50	HDPE	LISA
10	30/03/2021	18	270	17	167	Pasa	184	Pasa	1.50	HDPE	LISA

OBSERVACIONES

JOSE RICARDO ARISTA PRADO


Multiservicios "ESCORPIO"
 R.U.C. N° 10293087412
 GERENTE
Jose Ricardo Arista Prado
 DNI N° 38908741

Por el Residente


ABEL CAR JUAREZ CHOQUE
 INGENIERO AGRICOLA
 Reg C I P 113668

PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA

GRI GM-19

ASTM D6392

TIPO DE SOLDADURA : **EXTRUSION**

Nombre Del Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS-PROVINCIA HUAMANGA-DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

Cliente: CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C

Nro de proyecto: 301

Ubicacion: DISTRITO SAN JOSE DE TICLLAS-HUAMANGA-AYACUCHO

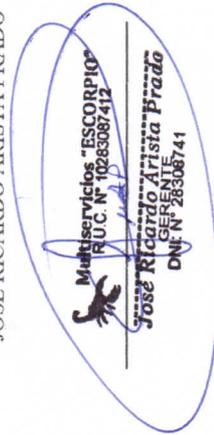
Fecha: 30 de marzo 2021

PRUEBA N°	FECHA	TEMPERATURA °C		CORTE 120 lb/pulg		DESGARRO 78 lb/pulg		GEOMENBRANA			
		Ambiente	Extrusora	Aire Caliente	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	ESPESOR DE LAMINA (mm)	CALIDAD	TEXTURADA
1	30/03/2021	18	280	17	147	Pasa	95	Pasa	1.50	HDPE	LISA
2	30/03/2021	18	280	17	167	Pasa	82	Pasa	1.50	HDPE	LISA
3	30/03/2021	18	280	17	159	Pasa	75	Falla	1.50	HDPE	LISA
4	30/03/2021	18	280	17	157	Pasa	133	Pasa	1.50	HDPE	LISA
5	30/03/2021	18	280	17	163	Pasa	126	Pasa	1.50	HDPE	LISA
6	30/03/2021	18	280	17	134	Pasa	101	Pasa	1.50	HDPE	LISA
7	30/03/2021	18	280	17	128	Pasa	115	Pasa	1.50	HDPE	LISA
8	30/03/2021	18	280	17	160	Pasa	124	Pasa	1.50	HDPE	LISA
9	30/03/2021	18	280	17	167	Pasa	139	Pasa	1.50	HDPE	LISA
10	30/03/2021	18	280	17	183	Pasa	113	Pasa	1.50	HDPE	LISA

OBSERVACIONES

JOSE RICARDO ARISTA PRADO

Por el Residente




INALCAR SUAREZ CHOQUE
 INGENIERO AGRICOLA
 Reg C.I.P. 143682

PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA

GRI GM-19

ASTM D6392

TIPO DE SOLDADURA : FUSION

Nombre Del Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS- PROVINCIA HUAMANGA-DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

Cliente: CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C

Ubicacion: DISTRITO SAN JOSE DE TICLLAS-HUAMANGA-AYACUCHO

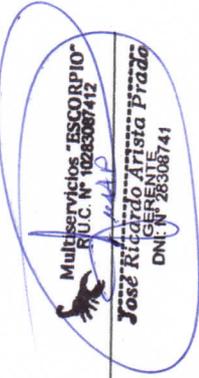
Nro de proyecto: 301

Fecha: 30 de marzo 2021

PRUEBA N°	FECHA	TEMPERATURA °C		CORTE 120 lb/pulg		DESGARRO 91 lb/pulg		GEOMENBRANA			
		Ambiente	Cuña	Velocidad de la cuña (m/min)	MAXIMA TRACCION	PASA/ FALLA	MAXIMA TRACCION	PASA/ FALLA	ESPESOR DE LAMINA (mm)	CALIDAD	TEXTURADA
1	30/03/2021	16	450	3.0	121	Pasa	108	Pasa	1.50	HDPE	LISA
2	30/03/2021	16	450	3.0	132	Pasa	103	Pasa	1.50	HDPE	LISA
3	30/03/2021	16	450	3.0	113	Pasa	117	Pasa	1.50	HDPE	LISA
4	30/03/2021	16	450	3.0	115	Pasa	79	Pasa	1.50	HDPE	LISA
5	30/03/2021	16	450	3.0	134	Pasa	127	Pasa	1.50	HDPE	LISA
6	30/03/2021	16	450	3.0	136	Pasa	125	Pasa	1.50	HDPE	LISA
7	30/03/2021	16	450	3.0	138	Pasa	113	Pasa	1.50	HDPE	LISA
8	30/03/2021	16	450	3.0	131	Pasa	85	Falla	1.50	HDPE	LISA
9	30/03/2021	16	450	3.0	140	Pasa	139	Pasa	1.50	HDPE	LISA
10	30/03/2021	16	450	3.0	136	Pasa	89	Falla	1.50	HDPE	LISA

OBSERVACIONES

JOSE RICARDO ARISTA PRADO



Por el Residente



PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA

GRI GM-19

ASTM D6392

TIPO DE SOLDADURA : FUSION

Nombre Del Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS- PROVINCIA HUAMANGA-DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

Ciente: CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C

Ubicacion: DISTRITO SAN JOSE DE TICLLAS-HUAMANGA-AYACUCHO

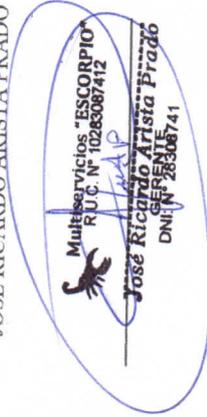
Nro de proyecto: 301

Fecha: 30 de marzo 2021

PRUEBA N°	FECHA	TEMPERATURA °C			CORTE 120 lb/pulg			DESGARRO 91 lb/pulg			GEOMENBRANA		
		Ambiente	Cuña	Velocidad de la cuña (m/min)	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	ESPESOR DE LAMINA (mm)	CALIDAD	TEXTURADA
1	30/03/2021	16	450	3.3	159	Pasa	145	Pasa	145	Pasa	1.50	HDPE	LISA
2	30/03/2021	16	450	3.3	153	Pasa	141	Pasa	141	Pasa	1.50	HDPE	LISA
3	30/03/2021	16	450	3.3	149	Pasa	148	Pasa	148	Pasa	1.50	HDPE	LISA
4	30/03/2021	16	450	3.3	148	Pasa	152	Pasa	152	Pasa	1.50	HDPE	LISA
5	30/03/2021	16	450	3.3	154	Pasa	153	Pasa	153	Pasa	1.50	HDPE	LISA
6	30/03/2021	16	450	3.3	154	Pasa	159	Pasa	159	Pasa	1.50	HDPE	LISA
7	30/03/2021	16	450	3.3	151	Pasa	155	Pasa	155	Pasa	1.50	HDPE	LISA
8	30/03/2021	16	450	3.3	153	Pasa	135	Pasa	135	Pasa	1.50	HDPE	LISA
9	30/03/2021	16	450	3.3	156	Pasa	151	Pasa	151	Pasa	1.50	HDPE	LISA
10	30/03/2021	16	450	3.3	168	Pasa	145	Pasa	145	Pasa	1.50	HDPE	LISA

OBSERVACIONES

JOSE RICARDO ARISTA PRADO



Por el Residente



PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA

GRI GM-19

ASTM D6392

TIPO DE SOLDADURA : FUSION

Nombre Del Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS- PROVINCIA HUAMANGA-DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

Cliente: CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C

Ubicacion: DISTRITO SAN JOSE DE TICLLAS-HUAMANGA-AYACUCHO

Nro de proyecto: 301

Fecha: 30 de marzo 2021

PRUEBA N°	FECHA	TEMPERATURA °C			CORTE 120 lb/pulg			DESGARRO 91 lb/pulg			GEOMENBRANA		
		Ambiente	Cuña	Velocidad de la cuña (m/min)	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	ESPESOR DE LAMINA (mm)	CALIDAD	TEXTURADA
1	30/03/2021	16	450	3.5	148	Pasa	124	Pasa	1.50	HDPE	LISA		
2	30/03/2021	16	450	3.5	143	Pasa	116	Pasa	1.50	HDPE	LISA		
3	30/03/2021	16	450	3.5	148	Pasa	122	Pasa	1.50	HDPE	LISA		
4	30/03/2021	16	450	3.5	138	Pasa	126	Pasa	1.50	HDPE	LISA		
5	30/03/2021	16	450	3.5	135	Pasa	126	Pasa	1.50	HDPE	LISA		
6	30/03/2021	16	450	3.5	130	Pasa	127	Pasa	1.50	HDPE	LISA		
7	30/03/2021	16	450	3.5	147	Pasa	142	Pasa	1.50	HDPE	LISA		
8	30/03/2021	16	450	3.5	135	Pasa	122	Pasa	1.50	HDPE	LISA		
9	30/03/2021	16	450	3.5	145	Pasa	125	Pasa	1.50	HDPE	LISA		
10	30/03/2021	16	450	3.5	141	Pasa	133	Pasa	1.50	HDPE	LISA		

OBSERVACIONES

JOSE RICARDO ARISTA PRADO

Por el Residente



PRUEBA INICIAL DE SOLDADURA

GRI GM-19

ASTM D6392

TIPO DE SOLDADURA : FUSION

Nombre Del Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS- PROVINCIA HUAMANGA-DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

Cliente: CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C

Ubicacion: DISTRITO SAN JOSE DE TICLLAS-HUAMANGA-AYACUCHO

Nro de proyecto: 301

Fecha: 30 de marzo 2021

PRUEBA N°	FECHA	TEMPERATURA °C			CORTE 120 lb/pulg			DESGARRO 91 lb/pulg			GEOMENBRANA		
		Ambiente	Cuña	Velocidad de la cuña (m/min)	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	MAXIMA TRACCION	PASA/FALLA	ESESOR DE LAMINA (mm)	CALIDAD	TEXTURADA
1	30/03/2021	16	450	4.0	151	Pasa	98	Pasa	98	Pasa	1.50	HDPE	LISA
2	30/03/2021	16	450	4.0	158	Pasa	83	Falla	83	Falla	1.50	HDPE	LISA
3	30/03/2021	16	450	4.0	148	Pasa	106	Pasa	106	Pasa	1.50	HDPE	LISA
4	30/03/2021	16	450	4.0	138	Pasa	115	Pasa	115	Pasa	1.50	HDPE	LISA
5	30/03/2021	16	450	4.0	135	Pasa	89	Falla	89	Falla	1.50	HDPE	LISA
6	30/03/2021	16	450	4.0	130	Pasa	112	Pasa	112	Pasa	1.50	HDPE	LISA
7	30/03/2021	16	450	4.0	151	Pasa	114	Pasa	114	Pasa	1.50	HDPE	LISA
8	30/03/2021	16	450	4.0	135	Pasa	117	Pasa	117	Pasa	1.50	HDPE	LISA
9	30/03/2021	16	450	4.0	151	Pasa	118	Pasa	118	Pasa	1.50	HDPE	LISA
10	30/03/2021	16	450	4.0	145	Pasa	120	Pasa	120	Pasa	1.50	HDPE	LISA

OBSERVACIONES

JOSE RICARDO ARISTA PRADO

Por el Residente



JOSE RICARDO ARISTA PRADO

ANEXO C

I PRUEBA DE CONTROL DE CALIDAD

SEAM CONTROL FUSION WELD

Nombre del Proyecto: "MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS - PROVINCIA HUAMANGA - DEPARTAMENTO DE AYACUCHO"

Cliente **CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C**

Nro del Proyectos 301
Fecha **29 Marzo 2021**

Ubicación **DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS - HUAMANGA – AYACUCHO** Descripción Obra **RESERVORIO DE AGUA**

Datos de Soldadura										Datos de Prueba								
Fecha Soldar	Registro Costura	Largo Costura ml	Largo Acumulado ml	Hora	Tec	Máquina			Temp Amb °C	Fecha de prueba	N°	Tec	Tipo de Prueba Air Test	Tiempo		Pres. de Aire		P/F
						N°	Temp °C	Vel m/min						Inicio	Final	Inicio	Final	
15-03-2021	1-2	53	53	9:45	S.B	35678	450	3.3	15	29-03-21	1	S.B	√	09:50	09:55	30 Psi	29Psi	P
15-03-2021	2-3	53	106	11:00	S.B	35678	450	3.3	16	29-03-21	2	S.B	√	10:00	10:05	30 Psi	30Psi	P
16-03-2021	3-4	53	159	09:15	S.B	35678	450	3.3	18	29-03-21	3	S.B	√	10:15	10:20	30Psi	30Psi	P
16-03-2021	4-5	53	212	10:30	S.B	35678	450	3.3	17	29-03-21	4	S.B	√	10:25	10:30	30Psi	30Psi	P
17-03-2021	5-4	53	265	11:05	S.B	35478	450	3.3	17	29-03-21	5	S.B	√	10:35	10:40	30Psi	30Psi	P

OBSERVACIONES

APROBACION

Por JOSE RICARDO ARISTA PRADO

Multservicios "ESCORPIO"
RUC N° 10263067412
José Ricardo Arista Prado
DNI N° 10308741

Por el Residente

Amilcar Juarez Choque
AMILCAR JUAREZ CHOQUE
INGENIERO AGRICOLA
Reg. C.I.P. 113688

JOSE RICARDO ARISTA PRADO

ANEXO D

CERTIFICADO DE GARANTIA DE INSTALACIÓN



MULTISERVICIOS "ESCORPIO"

VENTA DE GEOSINTETICOS EN GENERAL, SERVICIOS DE THERMOFUSION Y ELECTROMECHANICA
DE: JOSE RICARDO ARISTA PRADO
RUC N° 10283087412



DOCUMENTO NO REDACTADO
EN LA NOTARIA

CLIENTE: **CONTRATISTAS GENERALES JOSFOR S.A.C**

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JOSE DE TICLLAS

FECHA: 31 - 03 - 2021

GARANTIA LIMITADA DE INSTALACION POR 07 AÑOS

JOSE RICARDO ARISTA PRADO garantiza a la **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JOSE DE TICLLAS** que la **INSTALACION DE GEMENBRANA DE HDPE DE 1.50 MM MARCA TDM TECLINER 4,015 M2** para la obra : "**MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DEL SERVICIO DE AGUA PARA EL SISTEMA DE RIEGO COMPLEMENTARIO EN LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE CAMPAMENTO DEL DISTRITO DE SAN JOSE DE TICLLAS - PROVINCIA HUAMANGA - DEPARTAMENTO DE AYACUCHO**", estará libre de fallas y defectos para el trabajo de la poza de almacenamiento de agua para riego, por un período de **07 año** en condiciones en normales de uso en aplicaciones aprobadas, desde la fecha de emisión del certificado de garantía y aceptación de **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JOSE DE TICLLAS**.

La **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JOSE DE TICLLAS** tendrá el derecho de inspeccionar y determinar cualquier defecto reclamado del servicio, y a tomar los pasos para reparar dicha Instalación. En ningún caso **JOSE RICARDO ARISTA PRADO** será responsable ante el La **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JOSE DE TICLLAS** por daños especiales, incidentales o consecuentes, resultantes de la mala aplicación de esta garantía.

Cualquier reclamo referente a esta garantía será hecho por escrito y entregado a **JOSE RICARDO ARISTA PRADO** directamente en la dirección designada, dentro de 15 días de advertida La **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SAN JOSE DE TICLLAS** sobre el defecto o falla reclamado.

En caso de no ser entregada dicha notificación, los defectos y garantías relativos a este particular defecto, serán obviados por **JOSE RICARDO ARISTA PRADO** y no tendrá derecho sobre esta garantía; **JOSE RICARDO ARISTA PRADO** no será obligado a efectuar reparaciones o reemplazos bajo esta garantía .

JOSE RICARDO ARISTA PRADO conoce y acepta que esta garantía está en preferencia sobre cualquier otra garantía.

Multiservicios "ESCORPIO"
R.U.C. N° 10283087412
José Ricardo Arista Prado
GERENTE
DNI N° 28308741

Urb. Mariscal Cáceres Mz. "L" Lte. 26
Cel. 996965626 Rpm # 996965626
Email : iricardoarista@hotmail.com





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. DIEGO ORLANDO MENDOZA PUMACAHUA
RD. N° 265-2023-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los once días del mes de julio del año dos mil veintitrés, siendo las dieciocho horas con cinco minutos, en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, se reunieron los miembros del jurado conformado por la PhD. Sandra del Aguila Ríos, Ing. John Samuel Cazorla Orihuela como asesor, Ing. Efraín Chuchón Prado y el M.Sc. Juan Charapaqui Anccasi, bajo la presidencia del señor Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias Y actuando como Secretario Docente el Mtro. Ennio Chauca Retamozo para presenciar la sustentación de la Tesis titulada: **"Parámetros de soldadura de fusión en el reservorio de geomembrana HDPE en la comunidad de San Pedro, distrito de San José Ticllas, Huamanga-Ayacucho-2023"** así obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola del Bachiller **DIEGO ORLANDO MENDOZA PUMACAHUA**.

El señor Decano, previa verificación de los documentos exigidos solicitó al bachiller **DIEGO ORLANDO MENDOZA PUMACAHUA** que proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de 45 minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente.

Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invitó al sustentante y asistentes abandonar temporalmente el auditorio para la deliberación y calificación por parte de los miembros de la comisión, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
PhD. Sandra del Aguila Ríos	13	12	14	13
Ing. John Samuel Cazorla Orihuela	15	16	14	15
Ing. Efraín Chuchón Prado	15	14	13	14
M.Sc. Juan Charapaqui Anccasi	15	13	14	14
PROMEDIO GENERAL				14

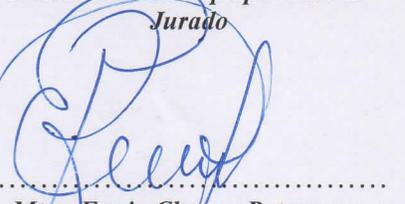
Acto seguido se invita al sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
PhD. Sandra del Aguila Ríos
Presidente


.....
Ing. John Samuel Cazorla Orihuela
Asesor


.....
Ing. Efraín Chuchón Prado
Jurado


.....
M.Sc. Juan Charapaqui Anccasi
Jurado


.....
Mtro. Ennio Chauca Retamozo
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El presidente de la comisión de docentes instructores responsables de operativizar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias, deja constancia que el trabajo de tesis titulado;

Parámetros de soldadura de fusión en el reservorio de geomembrana HDPE en la comunidad de San Pedro, distrito de San José de Ticllas, Huamanga-Ayacucho-2023

Autor : Diego Orlando Mendoza Pumacahua

Asesor : John Samuel Cazorla Orihuela

Ha sido sometido al análisis del sistema antiplagio TURNITIN concluyendo que presenta un porcentaje de 21 % de similitud.

Por lo que, de acuerdo al porcentaje establecido en el Artículo 13 del Reglamento de originalidad de trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, es procedente otorgar la Constancia de Originalidad.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2140232650

Ayacucho, 01 de agosto de 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Walter A. Mateu Mateo
M. Sc. Walter A. Mateu Mateo
Pta. Comisión Turnitin - FCA

Parámetros de soldadura de fusión en el reservorio de geomembrana HDPE en la comunidad de San Pedro, distrito de San José de Ticllas, Huamanga-Ayacacucho-2023

por Diego Orlando Mendoza Pumacahua

Fecha de entrega: 01-ago-2023 09:51p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2140232650

Nombre del archivo: tesis_final_MENDOZA.docx (12.51M)

Total de palabras: 11349

Total de caracteres: 59311

Parámetros de soldadura de fusión en el reservorio de geomembrana HDPE en la comunidad de San Pedro, distrito de San José de Ticllas, Huamanga-Ayacucho-2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

21 %

FUENTES DE INTERNET

4 %

PUBLICACIONES

2 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9 %
2	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	5 %
3	docplayer.es Fuente de Internet	2 %
4	vsip.info Fuente de Internet	1 %
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1 %
6	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1 %
7	repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	1 %
8	www.youblisher.com Fuente de Internet	1 %

9

Submitted to Corporación Universitaria
Iberoamericana

Trabajo del estudiante

<1 %

10

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1 %

11

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Parámetros de soldadura de fusión en el reservorio de geomembrana HDPE en la comunidad de San Pedro, distrito de San José de Ticllas, Huamanga-Ayacucho-2023

Diego Orlando Mendoza Pumacahua¹, John Samuel Cazorla Orihuela²; Área de investigación: Medio ambiente; Línea de investigación: Hidrología, hidráulica, ingeniería de materiales, energía, cambio climático, riego y drenaje; Correos: diego.mendoza.21@unsch.edu.pe – john.cazorla@unsch.edu.pe

RESUMEN

La presente investigación se desarrolla, con el objetivo de determinar los parámetros según el instituto de investigación de geosintéticos (GRI_GM19a), en la cuales se determina la resistencia y propiedades relacionadas a efecto de la temperatura y la velocidad para poder soldar geomembranas de HDPE de un espesor de 1.50 mm; se realizó a través de distintas pruebas de campo investigado por estudios de comportamiento experimental. Para estas pruebas de soldadura por extrusión y por fusión, realizamos 4 pruebas de cada una, de las cuales se hicieron por extrusión 4 y fusión 4 con muestras de las siguientes medidas de 2,40 m x 0,40 m y 2,40 m x 0,30 m; donde se obtuvieron 80 cupones de 0,40 m x 0,40 m y se probaron con el tensiómetro DEMTECH (pro-tester), el cual corta y rasga a una precisión 2"/min; de los cuales, obtuvimos resultados al cizallamiento y desgarró a temperaturas que son 250°C,260°C,270°C,280°C y a velocidades 3.0 m/mm,3.3m/mm,3.5m/mm,4.0m/mm . Estas muestras nos ayudaron a determinar los parámetros de temperatura óptimos para la extrusora (POLYWELD WB-9 000) y una velocidad adecuada para la cuña termofusionadora (PRODEMTECH IT-IT), para geomembranas de HDPE de 1,50 mm de espesor. Por tanto, se determinó que el parámetro óptimo para la temperatura de soldadura por extrusión es: 270°C, máquina que alcanza una resistencia mínima a cizallamiento de 154 lb/in y una resistencia al desgarró de 181 lb/in. La velocidad de fusión de la cuña termofusionadora es 3.3 m/min alcanza una resistencia mínima al cizallamiento de 148 lb/in, desgarró a 135 lb/in a una temperatura de 450°C. Para hallar los parámetros, tomamos en cuenta la norma ASTM D6392. "Standard Test Method for Determining the Integrity of Nonreinforced Geomembrane Seams Produced Using Thermo-Fusion Methods". El reservorio tiene una capacidad de almacenamiento de 8,400 m³ lo cual beneficia a una población de 35 familias, con un área total de 25 ha beneficiados destinados a la producción de productos como la papa y maíz.

Palabras claves: Termofusionadora, cupones,resistencia.

Fusion welding parameters in the HDPE geomembrane reservoir in the San Pedro community, San José de Ticllas district, Huamanga-Ayacucho-2023

ABSTRACT

The present investigation is developed, with the objective of determining the parameters according to the geosynthetics research institute (GRI_GM19a), in which the resistance and properties related to the effect of temperature and speed are determined to be able to weld HDPE geomembranes of a thickness of 1.50 mm; It was carried out through different field tests investigated by experimental behavior studies. For these extrusion and fusion welding tests, we carried out 4 tests of each one, which were made by extrusion 4 and fusion 4 with samples of the following measures of 2.40 m x 0.40 m and 2.40 m x 0.30 m; where 80 coupons of 0.40 m x 0.40 m were obtained and tested with the DEMTECH tensiometer (pro-tester), which cuts and tears at a precision of 2"/min; of which, we obtained results for shearing and tearing at temperatures that are 250°C ,260°C ,270°C ,280°C and at speeds 3.0m/mm,3.3m/mm,3.5m/mm,4.0m/mm These samples helped us to determine the temperature parameters for the extruder (POLYWELD WB-9 000) and an adequate speed for the thermofusion wedge (PRODEMTECH IT-IT), for 1.50 mm thick HDPE geomembranes Therefore, it was determined that the optimal parameter for the temperature of extrusion welding is: 270 ° C, machine that achieves a minimum shear strength of 154 lb/in and a tear strength of 181 lb/in The melting speed of the thermofusion wedge is 3.3 m/min reaches a resistance minimum shear of 148 lb/in, tear at 135 lb/in at a temperature of 450 ° C. To find the parameters, we take into account the ASTM D6392 standard "Standard Test Method for Determining the Integrity of Nonreinforced Geomembrane Seams Produced Using Thermo-Fusion Methods". The reservoir has a storage capacity of 8,400 m³, which benefits a population of 35 families, with a total area of 25 ha benefited for the production of products such as potatoes and corn.

Keywords: Fusion machine, coupons, endurance.

INTRODUCCIÓN

El Perú ha dado gran acogida a los geosintéticos por el mercado creciente de proyectos de minería que son los que en cierta manera han generado su aplicación, y los ingenieros al ver las grandes utilidades y sitios donde desarrollarlos o aplicarlos, han extendido a los temas de construcción civil, en donde se han dado gran realce en los mejoramientos de terraplenes y caminos logrando mejorar de esta manera las estructuras antes mencionadas y dándoles un valor agregado; desgraciadamente solo se están realizando escasos estudios de uso y su comportamientos de estos geosintéticos; no se encuentran Información sobre estos materiales, sobre su uso y comportamiento de estos nuevos materiales. Gracias al pujante empeño que se le viene dando al estudio de geosintéticos vemos que Ingenieros vienen promoviendo el estudio de los geosintéticos.

Localmente no existe muchos estudios del tema, algunas personas particularmente interesadas en estos materiales han podido determinar algunos parámetros, en donde norma los procedimientos de instalación de Geosintéticos en especial el de geomembranas a través de su manual de instalador de geosintéticos de HDPE, La comunidad de San Pedro de Campamento es un lugar netamente agrícola. Durante mucho tiempo, presentó problemas de producción, viéndose obligado a hacer algunos estudios que influye a su baja producción, llegando a la conclusión de que la falta de agua origina dicho problema. Por tal motivo se planteó la ejecución de un reservorio de geomembrana de una capacidad de 8400 m³ para irrigar un área de 25 ha donde se ejecutó el proyecto *Mejoramiento y ampliación del sistema de riego en la comunidad de San Pedro de Campamento* ¿cuál es el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas en la instalación de los geosintéticos según el manual de especificaciones GRI-GM19, especificación estándar? Distrito San José de Tiellas, provincia Huamanga de la región Ayacucho de los cuales planteo los siguientes objetivos.

Por consiguiente, el trabajo de investigación asume los siguientes objetivos.

Objetivo general

- Determinar los parámetros y propiedades de resistencia al cizallamiento y desgarro de las soldaduras a fusión y extrusión en la geomembrana de HDPE de 1.50 mm en el reservorio según la norma inglesa ASTM D6392, Distrito San José de Tiellas, provincia de Huamanga de la región Ayacucho.

Objetivos específicos

- Evaluar la resistencia a la fuerza de cizallamiento y desgarro a soldaduras por extrusión en geomembranas de HDPE de 1.5 mm de espesor a distintas temperaturas.
- Evaluar la resistencia a la fuerza de cizallamiento y desgarro a soldaduras por termofusión en geomembrana de HDPE de 1.50 mm de espesor a distintas velocidades.
- Evaluar los parámetros óptimos de las soldaduras adecuadas para la unión de los paños de geomembrana de HDPE de 1.5 mm de espesor según la prueba no destructiva.

METODOLOGÍA

1.1 Ubicación política

Lugar	:	San Pedro de Campamento
Distrito	:	San José de Tierras
Provincia	:	Huamanga
Departamento	:	Ayacucho

1.2 Ubicación geográfica

Coordenadas UTM WGS: Zona 18 L

E = 570039.00 m. N = 8544857.00m. Z = 3804.2-m.s.n.m.

Figura 1

Ubicación geográfica del proyecto



Nota. La ubicación del proyecto se encuentra en la comunidad de san pedro de campamento.

1.1 Geosintéticos

Estos son materiales hechos de varios polímeros derivados del petróleo, que fortalecen las propiedades mecánicas del suelo y pueden implementar proyectos de ingeniería civil y geoingeniería en condiciones difíciles. De la misma manera, podemos usarlo solo para protección, pisos e incluso para el acabado de estructuras de concreto (Rogelio, 2012).

La industria de la tierra sintética incluye polímeros avanzados como materiales de construcción primarios. Fabricado para garantizar una adecuada resistencia a la deformación y compresión. Su material se puede dividir en materiales elaborados con procesos de extrusión. (geoplásticos) (Castro & Vega, 2009)

1.2 Geomembranas

Estos materiales se utilizan cada vez más en ingeniería, ya sea el uso de placas de cubierta en la construcción, como la construcción de geomembranas. Si estos materiales se utilizan para la impermeabilización de edificios, se denominarán “láminas impermeabilizantes”; pero si se utilizan como parte de sistemas de impermeabilización de embalses, túneles y obras subterráneas para riego o almacenamiento de agua, se denominarán “láminas impermeabilizantes”, “geomembrana impermeable”. Estas láminas se fabricarán en forma de lona de espesor mínimo y uniforme y se suministrarán enrolladas. La membrana se realizará conectando las placas; la clase de unión dependerá de las especificaciones del material polimérico. (evi.com.mx, 2016)

1.2.1 Clases de geomembranas

Geomembrana de PVC (cloruro de polivinilo). Díaz, Escobar & Olivo (2009) mencionan que son láminas impermeables fabricadas con resinas de PVC utilizando nuevas tecnologías que garantizan la calidad y uniformidad de la geomembrana.

Geomembranas de polietileno. Díaz, Escobar & Olivo (2009) mencionan que son láminas impermeables de resina polimérica utilizadas en determinadas aplicaciones, sus principales propiedades son baja permeabilidad, flexibilidad y alta resistencia eléctrica, y su uso es para contener líquidos.

Polietileno de alta densidad (HDPE). El material de HDPE es un producto más utilizado para el revestimiento de residuos mineros, vertederos y otras aplicaciones en la retención de líquidos (para proyectos con requisitos de baja permeabilidad y resistencia extremadamente alta a la radiación a los rayos ultra violeta. (Díaz, Escobar & Olivo, 2009)

Polietileno de baja densidad (LDPE). Las excelentes propiedades de elongación del polietileno de baja densidad permiten que la geomembrana se adapte con flexibilidad a suelos irregulares, evitando así la perforación del material (Díaz, Escobar & Olivo, 2009).

Geomembrana de polipropileno (PP). El respaldo de polipropileno reforzado con tela es liviano y ofrece una gran flexibilidad en la producción de paneles grandes. Poseen una excelente estabilidad dimensional y buenas propiedades para su instalación en superficies llanas, así como una alta resistencia a las fisuras provocadas por las bajas temperaturas (Díaz, Escobar & Olivo, 2009)

Las geomembranas de HDPE. El espesor máximo, mínimo y medio de cada rollo Disponible en la textura lisa y el espesor con el que están elaborados varían de 0,50 a 5 mm. Los paneles texturizados para todo terreno brindan una excelente resistencia a la conexión a tierra Laderas cubiertas con pendientes empinadas o capas de suelo sin cobertura (Valencia, 2009).

Tabla 1.1

Propiedades de las geomembranas HDPE, 2009

	Propiedades	Método de pruebas	valores 1,0/1,5/2,0/2,0/2,5 (40/60/80/100)	Unidad	Frecuencia de prueba mínima
a	espesor				
	promedio	ASTM	1,0/1,5/2,0/2,0/2,5 (40/60/80/100)	mm	Por rollo
	mínimo	D5199	0,9/1,35/1,8/2,25 (36/54/72/90)	(mil)	
b					20 000 lb
	Densidad	ASTM	0,94/0,94/0,94/0,94	g/cc	9 000 lb
c					
	Propiedades de tracción mínima	ASTM			
		D6693 TIPO IV Cedencia			
		G. L=1,30 pulg (33 mm)	15/22/29/37	N/mm	
	esfuerzo de cedencia	Ruptura G: L=2,00 pulg (50,80 mm)	84/126/168/210	lb/pulg de ancho	
			27/40/53/67	N/mm	20 000 lb

	Esfuerzo de rotura		152/228/304/380	lb/pulg de ancho	9 000 lb
	Elongación de cedencia		12/12/12/12	%	
	Elongación de rotura		700/700/700/700	%	
d	Resistencia al desgarramiento(mínima)	ASTM D1004	125/ 187/ 249/ 311 28/42/56/70	N lb	20 000 lb 9 000 lb
e	Resistencia al punzonamiento (mínima)	ASTMD4833	320/480/640/800	N lb	20 000 lb 9 000 lb
f	resistencia al agrietamiento	ASTM D5397 (30% cedencia, 20% resistencia)	72/108/144/180 400/400/400/400	Horas	Por muestra
g	Rango de negro humo	ASTMD1603	2,00-3,00	%	20 000 lb 9 000 lb

Nota. Normas ASTM

1.2.2 Aplicaciones en obras hidráulicas

Lodos petroleros. El lodo que se almacena, que consiste en bentonita, una pequeña cantidad de petróleo y agua, forma un fluido viscoso y altamente contaminante; por lo que debe ser tratado en lagunas impermeables de geomembranas antes de su disposición final. (Valencia, 2009)

Lagunas de oxidación. Con la ayuda de las geomembranas, es posible prevenir la contaminación de las fuentes de agua subterránea al filtrar de las aguas residuales mediante el suelo. (Valencia, 2009)

Rellenos sanitarios. Gracias a la flexibilidad y buena resistencia química y bacteriana, las geomembranas impermeables en rellenos sanitarios evitan que los lixiviados de los componentes de los desechos contaminen el suelo y las aguas subterráneas. (Valencia, 2009)

1.3 Clases de soldadura

1.3.1 Soldadura de extrusión

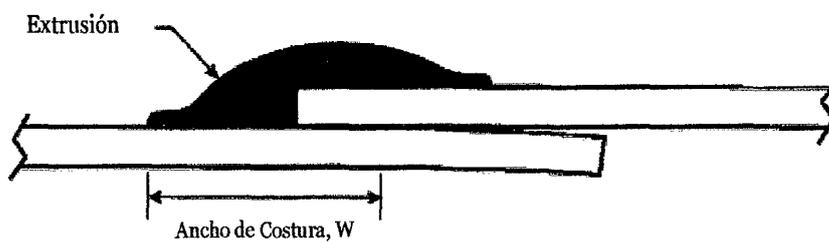
Soldadura por extrusión de material aditivo. Los materiales de las costuras a unir se unen por termofusión. La soldadura se realiza con una soldadora manual con una extrusora de fusión de relleno, una matriz de extrusión de relleno y una matriz de precalentamiento de la superficie que recibirá el relleno o el exudado. (Valencia, 2009)

Valencia (2009) menciona que el material de relleno, ya sea material de barra o gránulos, ingresa a la cámara de fusión donde fluye hacia afuera a través del tornillo sinfín a través de la matriz de extrusión.

Mencionó, además, que todas las piezas, parches y uniones especiales se pueden realizar con este método. Antes de soldar, las superficies extraíbles deben ensamblarse para garantizar que las superficies debajo del cordón de soldadura estén en pleno contacto. (Valencia ,2009)

Figura 1.2

soldadura por extrusión



Nota: Tejada (2009)

Soldadura tipo vuelta extrusión

$$ts = 2tGM \dots\dots\dots(1)$$

$$d = di = (ts - tGM) / 2 GM \dots\dots\dots (2)$$

soldadura tipo filete extrusión

$$ts = 2tGM + e \dots\dots\dots(3)$$

$$d = (ts - tGM) / 2 \dots\dots\dots (4)$$

$$d' = (3tGM - ts) / 2 = tGM - d \dots\dots\dots (5)$$

ts = espesor de costura

tGM= espesor de geomembrana

d = braza de palanca de la geomembrana inferior

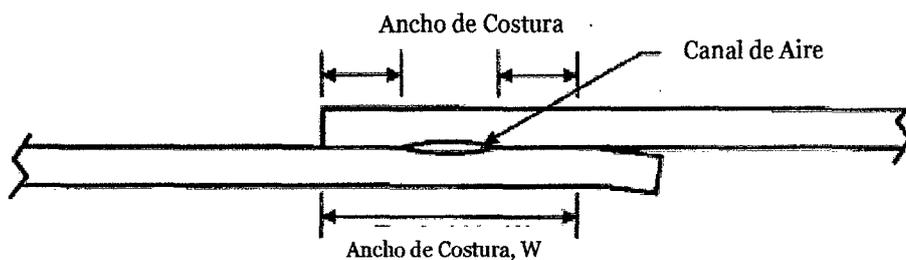
di= brazo de palanca de la geomembrana superior

1.3.2 Por fusión o termofusión

El método de soldadura por fusión en caliente ocurre a través del contacto entre los dos lados de la geomembrana de HDPE. Se usa una cuña calentada para tocar la temperatura antes de que pasen los rollos. A medida que los rodillos empujan la máquina hacia adelante, presionan contra la zona caliente, creando dos láminas de soldadura separadas por canales de aire para verificar las soldaduras. La presión, la temperatura y la velocidad se regulan mediante controles independientes y siempre están interconectados. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la velocidad y viceversa. Los parámetros de soldadura pueden modificarse según el equipo, la geomembrana y la temperatura del medio ambiente. (tecoad.com, 2016)

Figura 1.3

soldadura por fusión



Nota. Tejada (2009)

$$ts = 2tGM \dots \dots \dots (8)$$

$$d = d' = tGM / 2 \dots \dots \dots (9)$$

Ámbito de acción de la norma ASTM D 6392

1.4 Método de las pruebas destructivas

Este tipo de método consiste en extraer muestras (30 x 10 cm) ubicada a cada 20 metros lineales sobre las soldaduras realizadas, para llevarlas a prueba del tensiómetro.

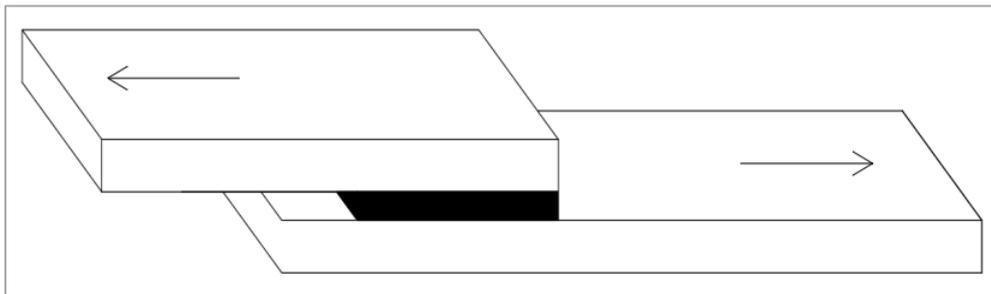
1.4.1 Prueba de cizallamiento

Se trata de someter la unión de los paños a la probetas de ensayos a un esfuerzo de corte directo a una velocidad determinada, para esto se fijan los extremos respecto al eje de soldadura a las respectivas muestras obtenidas que son 40 muestras se proceden corroborar en el tensiómetro y se procede con el ensayo según (ASTM D 6392 - 99) , una vez terminada las pruebas se

procede a registrar las resistencias obtenidas de las muestras y se indican que falla se produce o no se produce como se observa en la figura 1.7

Figura 1.7

Pruebas de corte (ASTM D 6392-99)



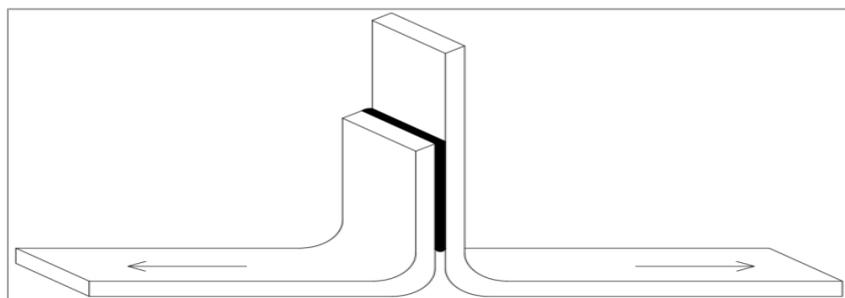
Nota: ASTM D 6392-99(2012)

1.4.2 Prueba al Desgarro

La prueba es semejante en metodología y condición de aprobación al ensayo de desgarro, su diferencia radica en que para someter al desgarro de las uniones los extremos de las muestras, corresponden a las láminas ubicadas a un mismo extremo de la soldadura y la aprobación de la soldadura se requiere que la eficiencia al desgarro iguale o exceda las especificaciones de construcción en este tipo de pruebas ejecutado es para ambos extremos de la muestra en el caso que la unión este provista del canal de aire y Los resultados se obtienen o terminan cuando la muestra está rota (ASTM D 6392 - 99), como observamos en la figura 1.8.

Figura 1.8

Prueba a desgarro ASTM 6392-99



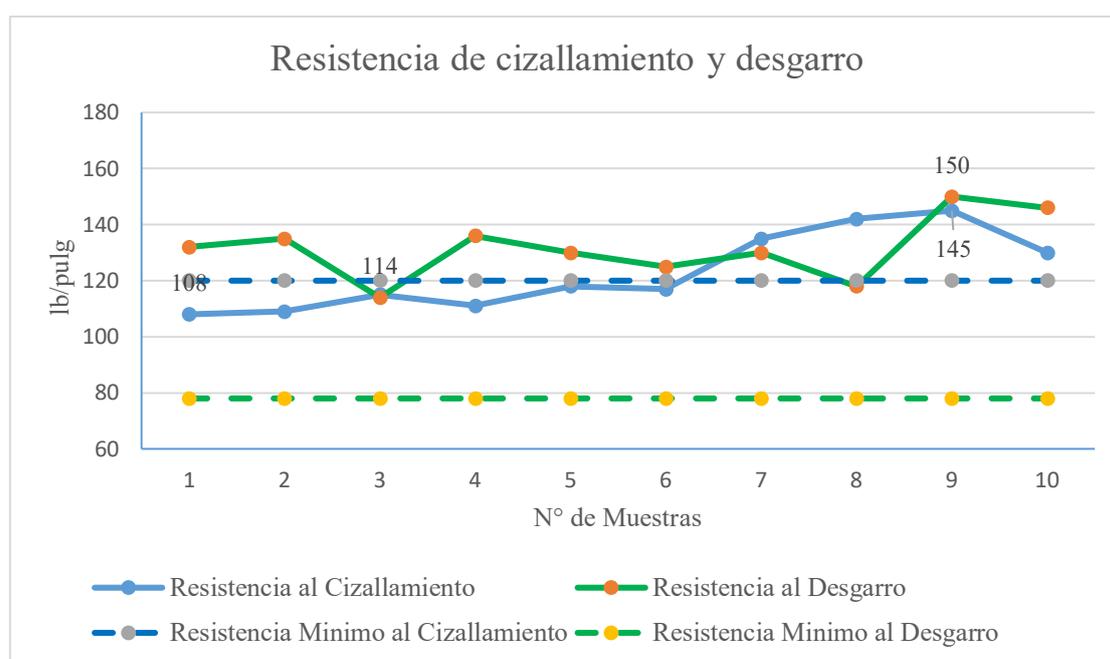
Nota: ASTM D 6392-99 (2012)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De todas las muestras obtenidas se compararon la resistencia mínima y máxima a extrusión, fusión según la norma GM-19a para extrusión, las resistencias a las fuerzas (cizallamiento de 120 lb/pulg y desgarró de 78 libras/pulg) y para fusión (cizallamiento de 120 y 91 libras/pulg.). La unión por extrusión se realiza con 04 variables de temperatura de la máquina (250°C, 260°C, 270°C, 280 °C) y la soldadura por fusión funciona a cuatro variables (04) (velocidades (3 m/min, 3.3 m/min, 3.5 m/min, 4 m/min), y la temperatura de la cuña es de 450° centígrados. Todas las soldaduras se mecanizan en láminas de geomembrana HDPE de 1,50 mm a continuación vemos los resultados de todas las muestras en las siguientes tablas de cada una de las muestras.

Figura 3.1

Resistencia por unión a extrusión a 250° centígrados

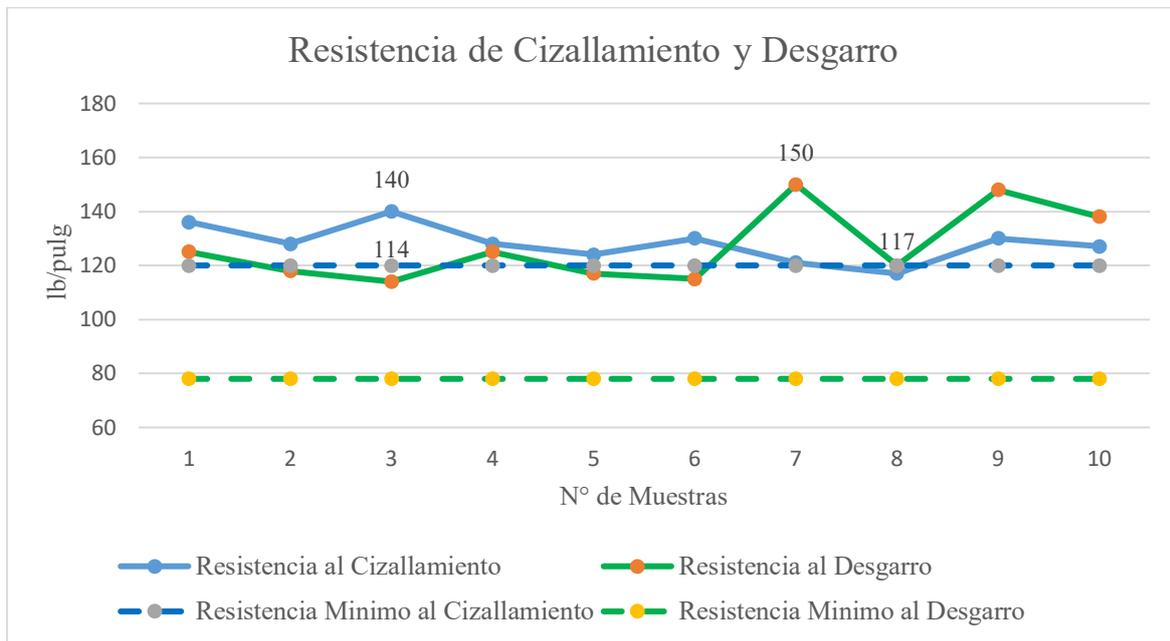


Nota. La grafica se la resistencia se determinó a través de pruebas realizadas con el tensiómetro.

- de la figura 3.1 Podemos concluir que el esfuerzo a cizallamiento máximo es 145 lb/pulg y el mínimo es 108 lb/pulg lo cual no cumple con la norma ASTM. Y que el esfuerzo al desgarró es mayor con un esfuerzo de 150 lb/pulg y el valor mínimo es 108 lb/pulg.
- Se puede concluir que 6 muestras están por debajo de la resistencia mínima requerida según la norma ASTM.
- La falla se produce por la mala calibración de la extrusora.

Figura 3.2

Resistencia por unión a extrusión a 260° centígrados

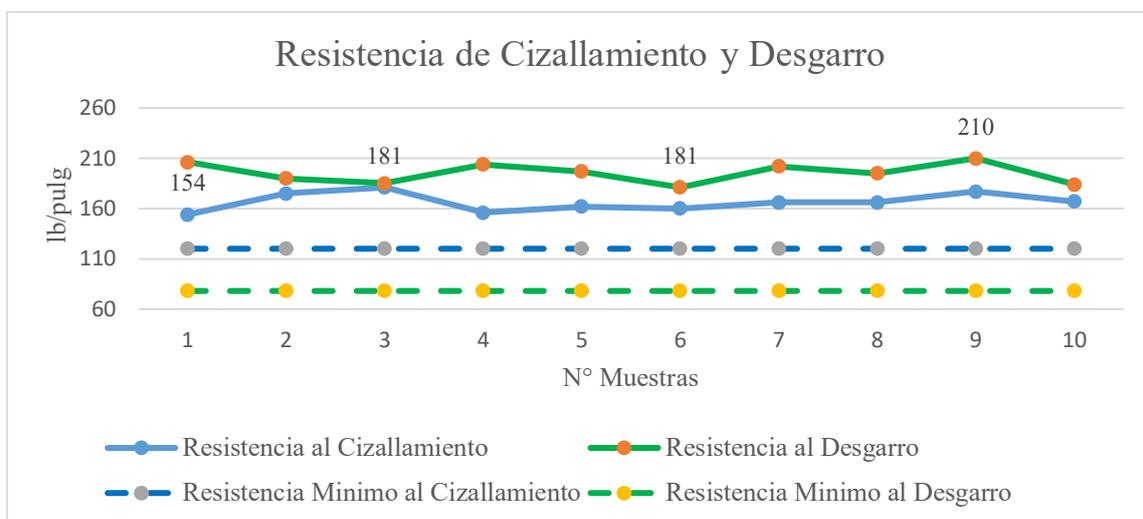


Nota. La grafica se la resistencia se determinó a través de pruebas realizadas con el tensiómetro.

- a) Podemos concluir que el esfuerzo a cizallamiento máximo es 140 lb/pulg y el mínimo es 117 lb/pulg lo cual no cumple con la norma ASTM.
- b) Se puede concluir que las muestra están por debajo de la resistencia mínima requerida según la norma ASTM.
- c) La falla se produce por la falta de limpieza en las láminas de geomembrana.

Figura 3.3

Resultados por unión a extrusión a 270° centígrados



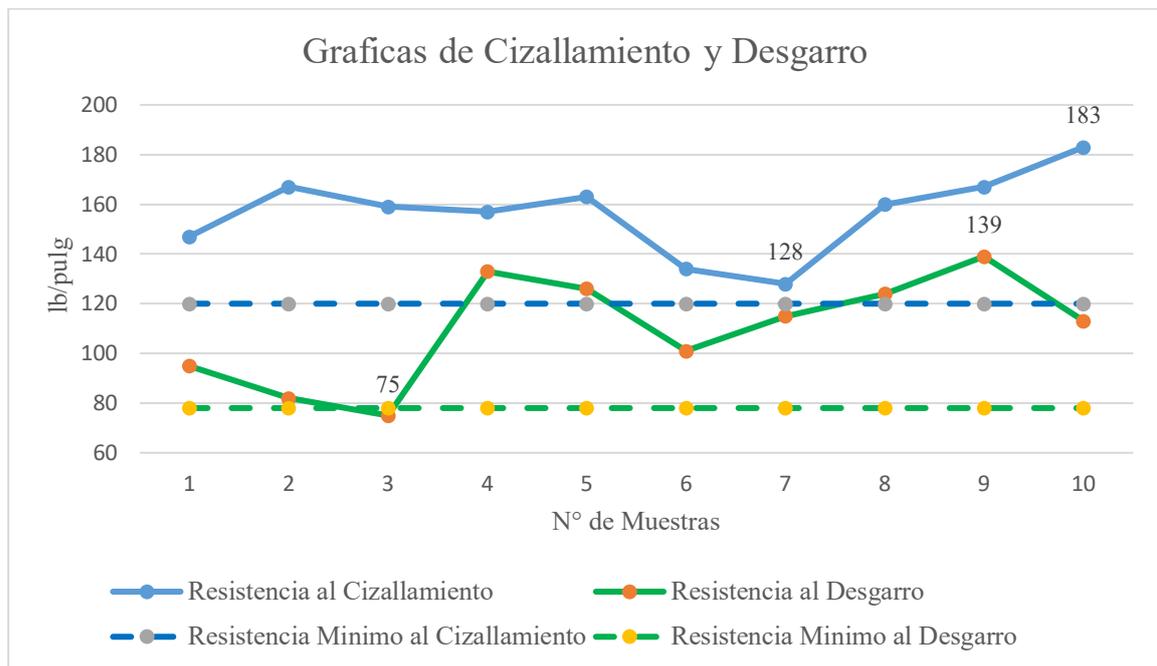
Nota. La grafica se la resistencia se determinó a través de pruebas realizadas con el tensiómetro.

a) Podemos concluir que el esfuerzo a cizallamiento máximo es 181 lb/pulg y el mínimo es 154 lb/pulg lo cual no cumple con la norma ASTM.

b) podemos concluir de la figura 3.3 que la resistencia al esfuerzo de desgarro es superior al esfuerzo mínimo de cizallamiento de 181 lb/pulg y esfuerzo máximo de 210 lb/pulg.

Figura 3.4

Resultados por unión a extrusión a 270° centígrados



Nota. La grafica se la resistencia se determinó a través de pruebas realizadas con el tensiómetro.

a) Podemos concluir que el esfuerzo a desgarro máximo es 139 lb/pulg y el mínimo es 75 lb/pulg lo cual no cumple con la norma ASTM.

b) Se puede concluir que las resistencias obtenidas a esta temperatura tienen falla a la resistencia de desgarro según la norma ASTM no cumpliría.

c) Según los resultados observamos a esta temperatura tiene una falla a desgarro.

Tabla 3.5

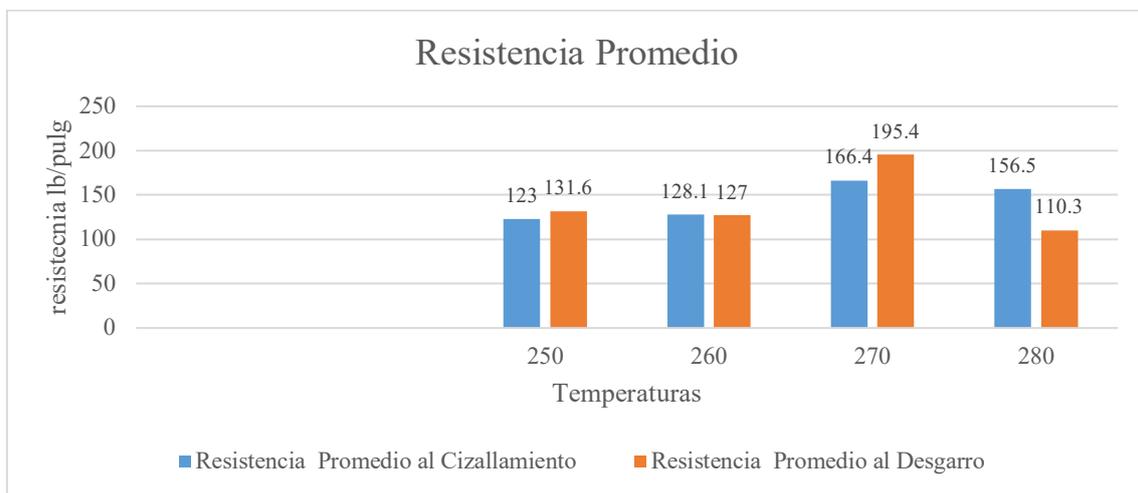
Análisis comparativos de temperaturas

Temperatura °C	Resistencia Promedio al Cizallamiento	Resistencia Promedio al Desgarro
250	123	131.6
260	128.1	127
270	166.4	195.4
280	156.5	110.3

Nota. Se logró obtener el promedio de resistencia mayor.

Figura 3.5

Resultado de resistencias promedios de temperatura.

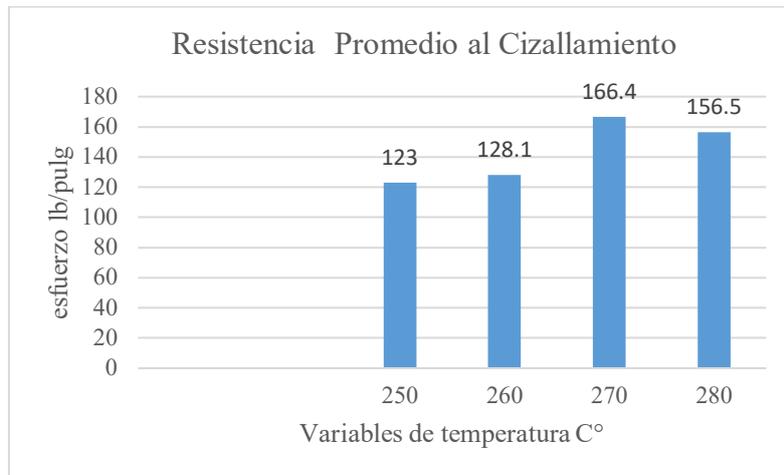


Nota. Se logró obtener el promedio de resistencia.

- De la figura de interpreta que a una temperatura de 250°C obtenemos esfuerzos de cizallamiento de 123 lb/pulg y de desgarro un esfuerzo de 131.6 lb/pulg.
- De la figura de interpreta que a una temperatura de 260°C obtenemos esfuerzos de cizallamiento de 128.1 lb/pulg y de desgarro un esfuerzo de 127 lb/pulg.
- De la figura de interpreta que a una temperatura de 270°C obtenemos esfuerzos de cizallamiento de 166.4 lb/pulg y de desgarro un esfuerzo de 195.4 lb/pulg.
- De la figura de interpreta que a una temperatura de 280°C obtenemos esfuerzos de cizallamiento de 156.5 lb/pulg y de desgarro un esfuerzo de 110.3 lb/pulg.

Figura 3.6

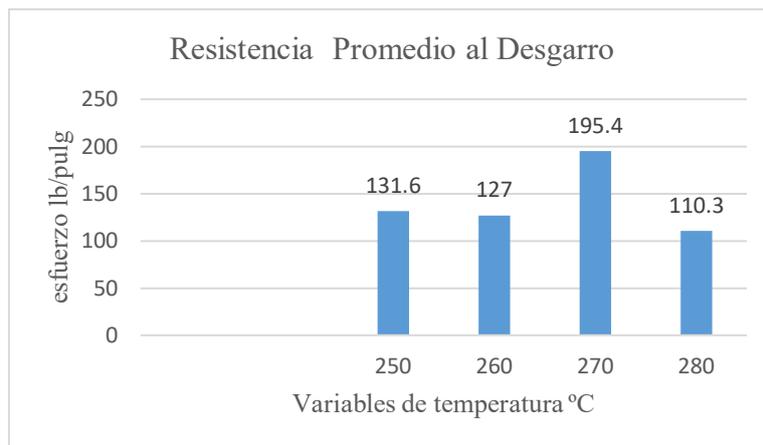
Resistencias promedias a cizallamiento



Nota. Se logró obtener el promedio de resistencia a cizallamiento

Figura 3.7

Resistencias promedias a desgarro

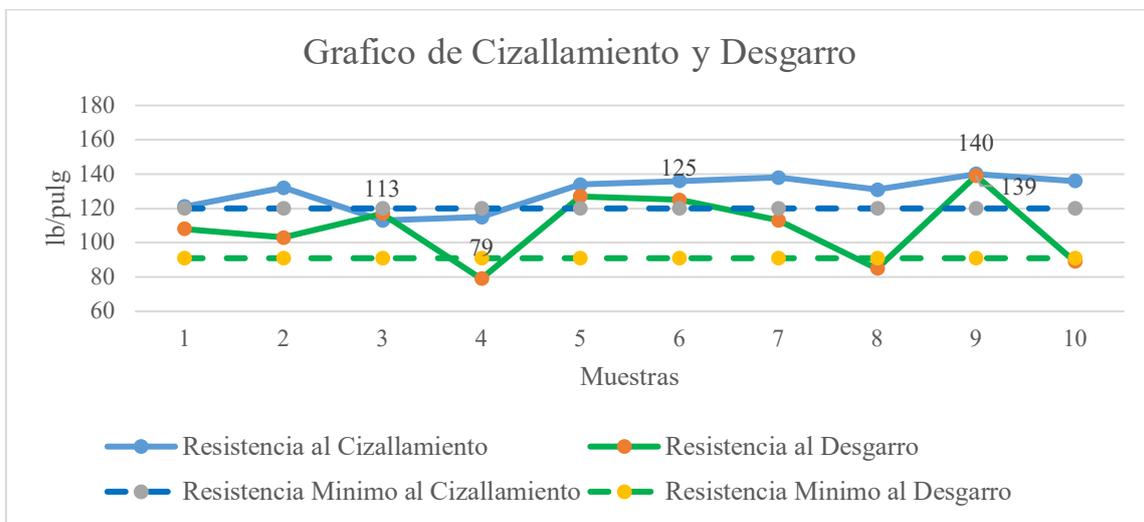


Nota. Se logró obtener el promedio de resistencia a desgarro.

- De la figura resistencia promedio al cizallamiento observamos que a la temperatura de 270 °C se obtiene el promedio más alto de resistencia.
- De la figura resistencia promedio al cizallamiento observamos que a la temperatura de 250 °C se obtiene el promedio más bajo de resistencia.
- De la figura resistencia promedio a desgarro observamos que a la temperatura de 270 °C se obtiene el promedio más de alto de resistencia.
- De la figura resistencia promedio a desgarro observamos que a la temperatura de 250 °C se obtiene el promedio más bajo de resistencia

Figura 3.6

Resultados de fusión a una velocidad de 3.0 m/min.

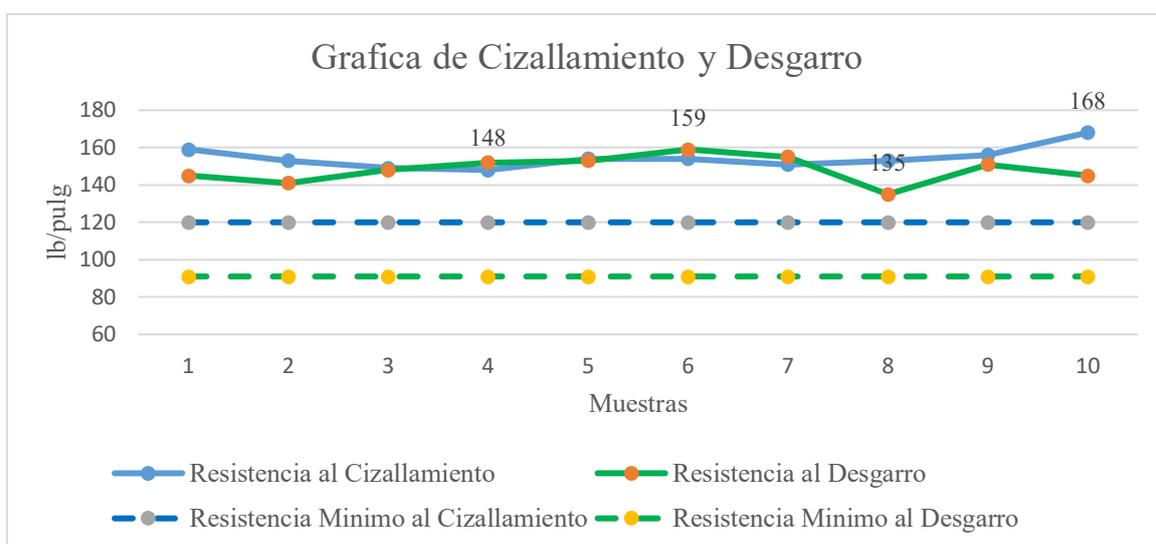


Nota. La grafica se la resistencia se determinó a través de pruebas realizadas con el tensiómetro.

- a) Podemos concluir que el esfuerzo a desgarro máximo es 139 lb/pulg y el mínimo es 79 lb/pulg lo cual no cumple con la norma ASTM.
- b) Se puede concluir que las resistencias obtenidas a la velocidad de 3.0 m/min tienen falla a la resistencia de desgarro según la norma ASTM no cumpliría.
- c) Según los resultados observamos a esta velocidad tiene una falla a desgarro.

Figura 3.7

Resultados fusión a una velocidad de 3.3 m/min

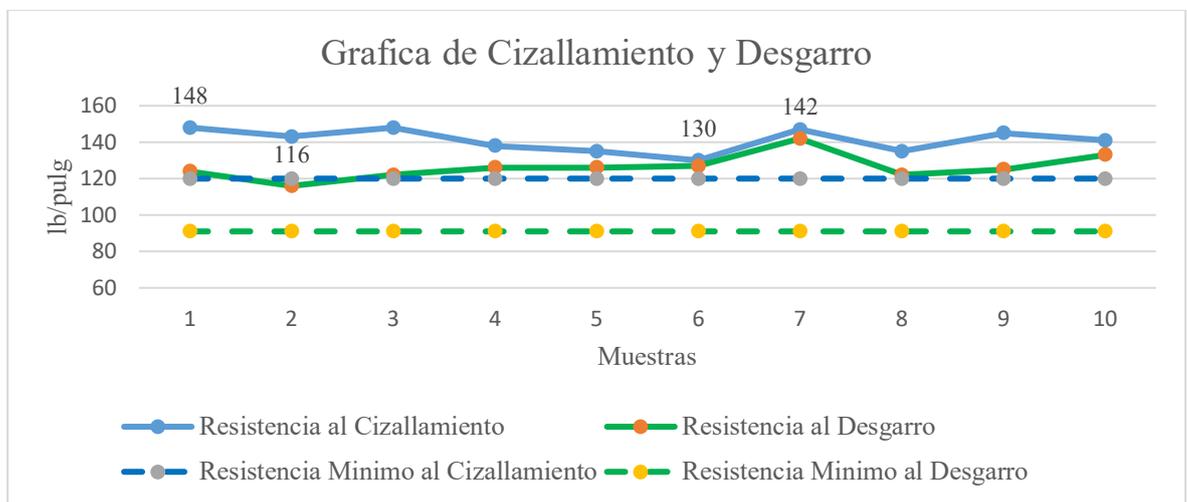


Nota. La grafica se la resistencia se determinó a través de pruebas realizadas con el tensiómetro.

- a) Podemos concluir que el esfuerzo a desgarro y a cizallamiento son altos lo cual cumple con la norma ASTM.
- b) Se puede concluir que las resistencias obtenidas a esta velocidad no tienen ninguna falla a la resistencia de desgarro ni cizallamiento según la norma ASTM cumpliría.
- c) Según los resultados observamos a esta velocidad tiene valores altos por lo cual sería la velocidad óptima para la unión de la geomembrana.

Figura 3.8

Resultados fusión a una velocidad de 3.5 m/min

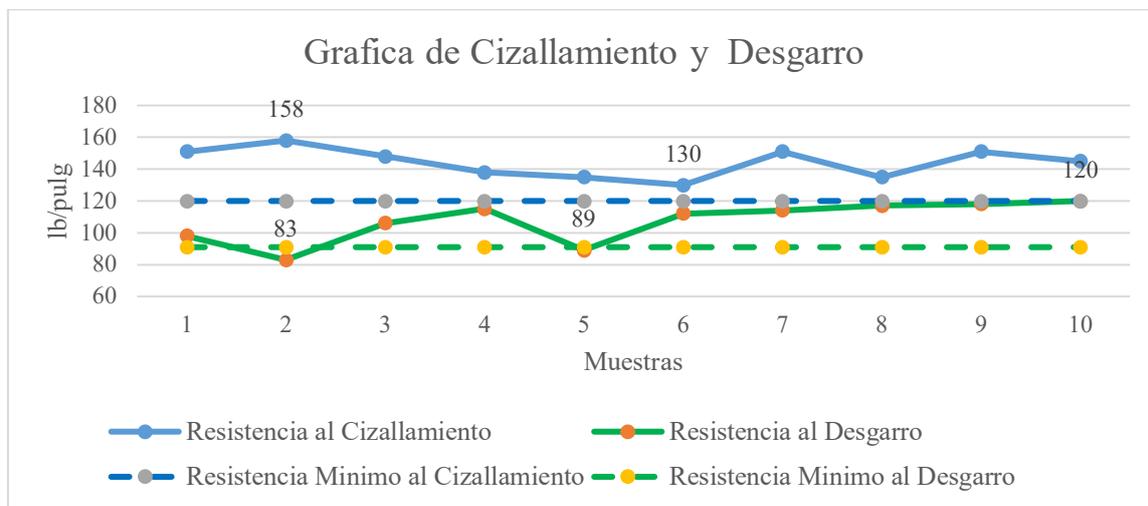


Nota. La grafica se la resistencia se determinó a través de pruebas realizadas con el tensiómetro.

- a) Podemos concluir que el esfuerzo a desgarro y a cizallamiento cumple con la norma ASTM.
- b) Se puede concluir que las resistencias obtenidas a esta velocidad no tienen ninguna falla a la resistencia de desgarro ni cizallamiento según la norma ASTM cumpliría.
- c) Según los resultados observamos a esta velocidad tiene valores promedio que cumplen la norma ASTM.

Figura 3.9

Resultados de fusión a una velocidad de 4.0 m/min



Nota. La grafica se la resistencia se determinó a través de pruebas realizadas con el tensiómetro.

- a) Podemos concluir que el esfuerzo a desgarro máximo es 120 lb/pulg y mínimo 83 lb/pug lo cual no cumple con la norma ASTM.
- b) Se puede concluir que las resistencias obtenidas a esta velocidad tienen falla a la resistencia de desgarro lo cual no cumpliría según la norma ASTM.
- c) Según los resultados observamos a esta velocidad tiene fallas a la resistencia de desgarro.

Tabla 3.10

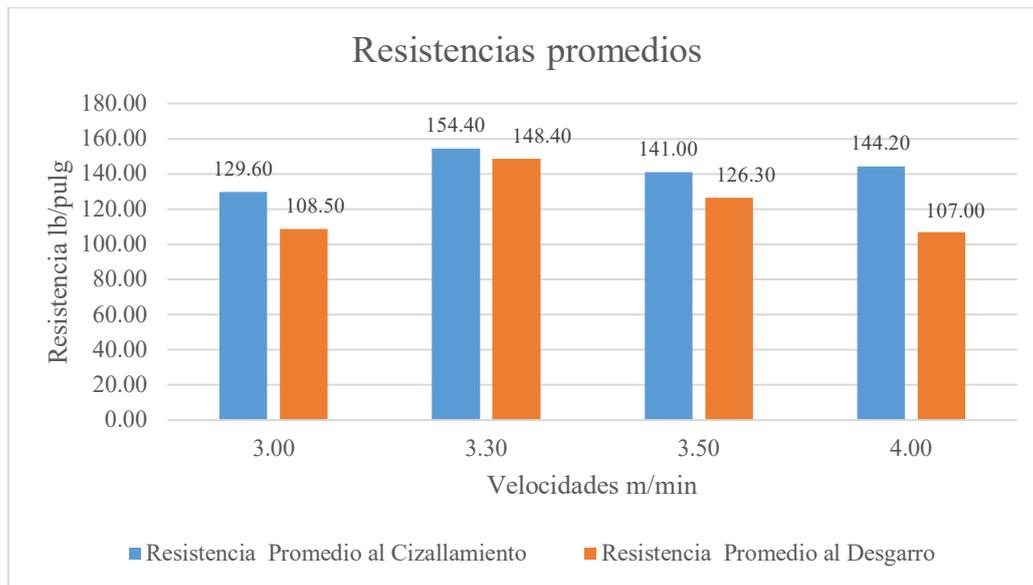
Análisis comparativos de velocidades

Velocidad m/min	Resistencia Promedio al Cizallamiento	Resistencia Promedio al Desgarro
3.00	129.60	108.50
3.30	154.40	148.40
3.50	141.00	126.30
4.00	144.20	107.00

Nota. Multiservicios Escorpión (2021)

Figura 3.10

Resultado de resistencias promedios de temperatura



Nota. Multiservicios Escorpión (2021)

De la figura 3.10 se puede llegar a la conclusión que la soldadura por fusión que a una velocidad de 3.00 m/min obtenemos unos resultados de esfuerzo a cizallamiento mayor mientras que el esfuerzo a desgarro es menor y a una velocidad de 3.3m/min se obtuvo promedio de mayor resistencia al esfuerzo de cizallamiento y desgarro , 3.5 m/min se obtuvo resultados menores a la velocidad anteriormente mencionada para ambos resultados,4.0 m/min a esta velocidad se obtuvo un esfuerzo al cizallamiento alto mientras que al esfuerzo de desgarro se obtuvo resistencias menores a las anteriores velocidades .

DISCUSIONES

a) Según los resultados obtenidos de las muestras soldadas por extrusión, hay controversia. La suposición de que a medida que incrementa la temperatura de la extrusora de 250° grados centígrados a 280° grados centígrados incrementa el esfuerzo al cizallamiento, lo que a 250°C se produce fallas de soldadura por mala calibración.

De acuerdo a llanos chuquiruna (2019), las soldaduras de geomembrana HDPE con temperaturas mayores a 270°C en extrusión, fallan por la misma temperatura del cordón HDPE en contacto con la geomembrana, lo que a una temperatura de 250°C no alcanza una temperatura ideal de fundición.

b) Según los resultados obtenidos de las muestras soldadas por fusión, hay controversia. La suposición de que a medida que incrementa la velocidad en la cuña de 3 m/min a 4m/min incrementa el esfuerzo de desgarro, al inicio se presenta fallas por la mala calibración de la máquina y a temperaturas superiores presenta fallas de desgarro.

c) Según los resultados que se obtuvieron de las muestras de soldaduras por fusión y extrusión se realizó la prueba no destructiva una vez obtenida las resistencias al cizallamiento y desgarro por los métodos de extrusión y fusión se pasaron a realizar las pruebas no destructivas de bomba de aire en la cual no se obtuvo ninguna falla en todas las costuras, donde se lograron esfuerzo al cizallamiento y al desgarro superiores al requerido para el GM-19a.

CONCLUSIONES

1. Según los resultados obtenidos de las muestras soldadas por extrusión a medida que incrementa la temperatura de la extrusora de 250° a 280° incrementa el esfuerzo al cizallamiento, lo que a 250°C se produce fallas de soldadura por mala calibración y a 260°C se produce fallas por falta de limpieza en la geomembrana a la temperatura 270°C es la temperatura ideal para soldar, ésta es la temperatura a la que los gránulos de HDPE alcanzan la temperatura de fusión adecuada para la soldadura y a 280°C se produce fallas de desgarro por la alta temperatura, por lo que a 270°C tiene resistencia al cizallamiento y al desgarro altos que son superiores a las especificaciones que establece el GM-19a.
2. Según los resultados obtenidos de las muestras de soldadura por fusión a velocidades que oscilan entre 3m/min a 4m/min. por lo que a una velocidad de 3 m/min se produce fallas por la mala calibración del equipo y baja velocidad y a una velocidad de 3.3 m/min se produce resistencia altas a las demás temperaturas y a una velocidad de 3.5 m/min se produce resistencias bajas y a una velocidad de 4 m/min la resistencia al cizallamiento y desagarro empieza a disminuir y son inferiores a lo requerido por las especificaciones según la GM-19 fallan debido que a mayor velocidad de la cuña hay menor contacto de la geomembrana HDPE por lo cual no se logra una buena fusión entre paños de geomembrana HDPE.
3. Según los resultados que se obtuvieron de las primeras pruebas ya mencionadas a) y b) soldadas por fusión y extrusión que nos indica la temperatura adecuada para extrusión es de 270°C y la óptima velocidad es de 3.3 m/min en la comunidad de San Pedro de Campamento a una altura de 2800 msnm se pasó a realizar las pruebas no destructivas una vez obtenida las resistencias al cizallamiento y desgarro por los métodos de soldadura a extrusión y fusión donde se realiza la prueba no destructiva de bomba de aire en la cual no se hayo ninguna falla en ninguna de las costuras, donde se lograron esfuerzo al cizallamiento y al desgarro superiores al requerido para el GM-19a.

RECOMENDACIONES

1. Para los usuarios de geosintéticos y HDPE, se recomienda controlar la calidad de los materiales, observar adecuadamente el proceso de termofusión y corroborar un buen proceso constructivo.
2. Hacer las pruebas de calibración o sellado de las máquinas en ambientes limpios de impurezas y a una temperatura ambiente.
3. Buscar los parámetros óptimos con pruebas de campo para obtener resultados óptimos en los distintos tipos de materiales de geosintéticos.
4. Tener cuidado con los paños o costuras de la geomembrana al momento de sellar las costuras con la cuña termo fusionadora.
5. Para los estudiantes, investigar el envejecimiento de la geomembrana y soldaduras, y el daño que puede ocurrir en estructuras expuestas a los elementos para enfocarse en su comportamiento y predecir con mayor precisión el comportamiento de estos materiales.
6. Recibir capacitación constante con las nuevas innovaciones tecnológicas, como son ahora los geosintéticos y materiales de HDPE para los sistemas hidráulicos y otros usos en la construcción.

REFERENCIAS

- ASTM International. (2002). *Práctica estándar para determinar la integridad de las costuras de campo utilizadas para unir geomembranas de láminas poliméricas flexibles*. ASTM D 4437 – 99. Estados Unidos: Copyright © ASTM International.
- ASTM International. (2008). *Método de prueba estándar para determinar la integridad de las costuras de geomembrana no reforzadas producidas mediante métodos de termofusión*. ASTM D 6392 – 99. Estados Unidos.: Copyright © ASTM International.
- Alza, Augusto. (21 de 09 de 2014) www.geosperu.com . obtenido de <https://www.geosperu.com>
- Breitenbach, A & Smith ,M (2007) la historia de la geomembrana en la industria minera,lima-peru.
- Blanco, M.; García de Cea, J. y Sánchez, F. (2008). *Impermeabilización de balsas con geomembrana sintéticas: control y seguimiento*, pp.1-8.
- Contreras, J.Barraza, D.Castro ,D & Vega,A (2009) *Análisis Térmico de geosintéticos utilizados en la rehabilitación de pavimentos* .Ingeniari .Revista Chilena de Ingenieria, Vol 17 N°1,2009:chile [Versión electrónica].
- Córdova (2003). *Estadística descriptiva e inferencial* (5ta ed). lima, Perú:
Moshera S.R.L
- Díaz, J. F., Escobar O. E., Olivo E. J. (2009). *Aplicaciones de geosintéticos en la estructura de la pavimentación y drenaje de carreteras* [Tesis de graduación, Universidad de El Salvador en Centroamérica].
- Geosistema Pavco SA. (2009) *Manual de diseño con geosintéticos (octava edición)*. Bogotá D.C.
- GM-19 (2005). Instituto de Investigación de Geosintéticos (GRI). *Método de prueba GM-19*.GM-19: Copyrigh©Geosythetic Intitute.
- Koerner M. (2012). *Diseño con geosintéticos*. 4.^a ed. Estados Unidos de América.
- Koerner, R. M.; Hsuan, Y.G. y Koerner, G. R. (2016). Predicciones de por vida de geotextiles y geomembranas expuestos. *Geosintéticos Internacional*. [http:// dx.doi.org/10.1680/jgein.16.00026](http://dx.doi.org/10.1680/jgein.16.00026).
- Llanos Chuquiruna, E. J. (2019). *Resistencia al corte y desgarro en geomembrana HDPE* [Tesis de Titulación, Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú].

quiminet.com. (16 de junio de 2016). <https://www.quiminet.com>. <https://www.quiminet.com/articulos/los-dos-tipos-de-soldadura-de-geomembranas-265551.htm>

[Rogelio,R. \(2012\) *Área de pre-comisionado -desarrollo de proyectos-MYSRL,Universidad Nacional de Cajamarca ,Cajamarca ,Perú.*](#)

[Sheirs,J \(2009\).*A guiede to polymeric Geomembranes.Australia:A Jhon Wiley and Sons,Ltd.,Publication*](#)

Tejada, O. (2014). *Parámetro de soldadura de fusión entre geomembranas de alta densidad y de baja densidad* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú].

Valencia, G. M. (2009). *Análisis de una geomembrana de HDPE de alta densidad con propósitos de impermeabilización den el desarrollo de proyectos de ingeniería en Magallanes* (Tesis de bachiller), Universidad de Magallanes Chile.