



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“INFLUENCIA DE LA IMPLEMENTACION DE LEAN SERVICE EN EL NIVEL DE SERVICIO DEL PROCESO DE INSTALACION DE GEOMEMBRANA PARA RESERVORIOS MINEROS, EN LA EMPRESA INNOVACIÓN EN GEOSINTÉTICOS Y CONSTRUCCIÓN SRL”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

Autor:

Bach. Jose Miguel Mantilla Calderon

Asesor:

MBA. Ing. Mylena Karen Vílchez Torres.

Cajamarca - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

A mis pequeños hijos, a mis padres, hermanos, grandes motivos de superación.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso un sincero agradecimiento; en primer lugar, a Dios por brindarme la salud y la fuerza para mi superación.

A mis Padres quienes me brindaron sus enseñanzas y ejemplo de valores, además me guiaron a lo largo de mi camino profesional.

A mis hijos por ser un apoyo incondicional en mi vida, que con su amor y respaldo me ayudaron a alcanzar mis objetivos.

## Tabla de contenidos

	<b>Pág.</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>INDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>10</b>
1.1. Realidad problemática .....	10
1.2. Formulación del problema .....	14
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo general.....	14
1.3.2. Objetivos específicos .....	14
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
2.1. Tipo de investigación .....	16
2.2. Método .....	16
2.2.1. Metodología para diagnosticar la situación actual del nivel de servicio .....	16
2.2.2. Metodología para análisis de desperdicios.....	17
2.2.3. Elección de las herramientas Lean Service .....	22
2.2.4. Para determinar la mejora en el nivel de servicio con las herramientas Lean Service.....	24
2.2.5. Para el análisis económico de la aplicación de herramientas Lean en el nivel de servicio .....	24
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	25
2.4. Procedimiento.....	28
2.4. Matriz de operacionalización.....	30
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
3.1. Diagnóstico de la situación actual del nivel de servicio en la instalación de geomembrana .....	31
3.2. Análisis de desperdicios .....	32
3.2.1. Diagrama de Pareto de los desperdicios Lean.....	32
3.2.9. VSM.....	42
3.2.4. Resumen de los indicadores actuales .....	43
3.3. Selección y aplicación de la herramienta Lean Service adecuadas a los problemas identificados .....	43
3.3.1. 5S en la zona de trabajo .....	44
3.3.2. Aplicación de Eventos Kaizen .....	59
3.3.3. Plan de calidad .....	67
3.3.4. Kanban de recepción.....	79
3.3.5. Mantenimiento productivo total.....	81
3.4. Análisis del efecto de la implementación de Lean Service en el nivel de servicio. ....	89
3.4.1. Nivel de servicio mejorado .....	89

3.2.2. Tiempo de espera: .....	91
3.2.3. Defectos: .....	92
3.2.4. Resumen de los indicadores mejorados .....	93
3.5. Análisis económico de la propuesta de mejora .....	93
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>96</b>
4.1 Discusión .....	96
4.2 Conclusiones .....	98
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>102</b>
Anexo 1: Reporte de inventario.....	102
Anexo 2: Ficha resumen .....	108
Anexo 3: Matriz de consistencia .....	109

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Simbología para elaborar el diagrama de análisis de procesos.....	20
Tabla 2 Diagrama de análisis de procesos.....	20
Tabla 3 Simbología VSM.....	21
Tabla 4 Técnicas e instrumentos de investigación.....	25
Tabla 5 Lista de verificación de técnicas e instrumentos.....	25
Tabla 6 Matriz de operacionalización.....	30
Tabla 7 Sobretiempos en instalación de geomembrana HDPE.....	31
Tabla 8 Porcentaje del tiempo de demora en desperdicios.....	32
Tabla 9 Diagrama de análisis de actividades.....	36
Tabla 10 Metros observados para reinstalar de geomembrana HDPE.....	40
Tabla 11 Tiempo para reinstalar de geomembrana HDPE.....	41
Tabla 12 Demoras por metros observados para reinstalar de geomembrana HDPE.....	41
Tabla 13 Comparativo de los indicadores.....	43
Tabla 14 Herramientas a utilizar por causas principales.....	43
Tabla 15 Listado de artículos en zona roja.....	45
Tabla 16 Procedimiento de almacenamiento y control de inventarios.....	46
Tabla 17 Cronograma de limpieza.....	48
Tabla 18 Normas de seguridad para localizar productos.....	54
Tabla 19 Normas de seguridad para guardar productos.....	54
Tabla 20 Normas de seguridad para limpieza.....	55
Tabla 21 Normas de seguridad para orden y limpieza productos.....	55
Tabla 22 Distribución de metodología 5S.....	59
Tabla 23 Ficha de capacitación de eventos Kaizen.....	59
Tabla 24 Programación de Servicios Mensuales.....	61
Tabla 25 Presión para prueba de aire (ASTM D5820 y ASTM D4437).....	77
Tabla 26 Propiedades de la geomembrana lisa HDPE.....	78
Tabla 27 Frecuencia de ensayos Destructivos y No-Destructivos.....	79
Tabla 28 Mantenimiento autónomo de soldadora con cuña de calentamiento.....	83
Tabla 29 Mantenimiento planificado de soldadora con cuña de calentamiento.....	85
Tabla 30 Parámetros de temperatura para extrusoras.....	88
Tabla 31 Sobretiempos en instalación de geomembrana HDPE después de aplicar la mejora.....	90
Tabla 32 Diagrama de análisis de actividades.....	91
Tabla 33 Metros observados para reinstalar de geomembrana HDPE.....	92
Tabla 34 Comparativo de los indicadores.....	93
Tabla 35 Costos de inversión para la implementación de las herramientas Lean Service.....	93
Tabla 36 Costos en capacitaciones Lean Service.....	94
Tabla 37 VAN, TIR y B/C.....	95
Tabla 38 Ficha resumen de actividades de instalación de geomembrana.....	108

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Esquema del diagrama Pareto. ....	18
Figura 2. Esquema del diagrama de Ishikawa. ....	19
Figura 3. Herramientas Lean Service. ....	23
Figura 4. Procedimiento metodológico de la investigación. ....	29
Figura 5. Nivel de servicio actual. ....	32
Figura 6. Diagrama de Pareto. ....	33
Figura 7. Esquema del diagrama de Ishikawa de la empresa. ....	34
Figura 8. Diagrama de Pareto. ....	35
Figura 9. Diagrama de Ishikawa de altos defectos en la presión de pegado de geomembrana. ....	38
Figura 10. Diagrama de Pareto. ....	39
Figura 11. Zona roja para separar productos no necesarios en el área de trabajo. ....	45
Figura 12. Ficha para zona roja. ....	46
Figura 13. Auditoría Seiri (Clasificar). ....	47
Figura 14. Formato de auditoría 5S. ....	58
Figura 15. Formato de sugerencia Kaizen. ....	60
Figura 16. Diagrama de tipos de Soldadura Plástica. ....	63
Figura 17. Soldadura de geomembrana. ....	64
Figura 18. Esquema de soldadura en cuña. ....	65
Figura 19. Soldadura en cuña. ....	65
Figura 20. Máquina de soldar geomembrana. ....	67
Figura 21. Tendido de geomembrana. ....	74
Figura 22. Caída de rollos. ....	75
Figura 23. Pizarra Kanban. ....	80
Figura 24. Verificación de grietas. ....	82
Figura 25. Comparación del nivel de servicio. ....	90

## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Nivel de servicio .....	17
Ecuación 2. Demoras por defectos .....	21
Ecuación 3. VAN .....	24
Ecuación 4. TIR.....	25



## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de la implementación de Lean Service en el nivel de servicio del proceso de instalación de geomembrana para reservorios mineros, en la empresa IGC SRL; los objetivos específicos fueron diagnosticar la situación actual del nivel de servicio, diagnosticar los desperdicios en el proceso de instalación de geomembrana, diseñar las herramientas Lean Service, analizar el efecto de la implementación de Lean Service y finalmente realizar el análisis económico. La investigación fue aplicada, explicativa, cuantitativa y cuasi experimental. El nivel de servicio actual se relacionó con los sobretiempos que en promedio son 70.50 horas, por lo tanto, se supera en 50.50 horas al target establecido en 20 horas. Los desperdicios que afectan el nivel de servicio más relevantes fueron tiempos de espera y defectos. Las herramientas Lean Service a utilizar para incrementar el nivel de servicio en la instalación de geomembrana fueron 5S en la zona de trabajo, aplicación de eventos Kaizen, elaboración de un procedimiento para soldadura de geomembrana, Kanban de recepción de productos para controlar el almacén, plan y los pilares del TPM mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y prevención del mantenimiento. Se determinó que la aplicación de herramientas Lean, va a incrementar el 15% del nivel de servicio. El diseño es viable ya que presenta una TIR de 217%, VAN de 45,749.23 soles y una relación beneficio/costo de 2.62 soles.

**Palabras clave:** Lean Service, desperdicios Lean, nivel de servicio, instalación de geomembrana.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Al incremento de contaminación por parte de las mineras, el hombre, no creado los geosintéticos, generando un aseguramiento y control de impactos ambientales. Asimismo, con el pasar de los años la industria minera ha asignado sus tareas a empresas contratistas, dentro de ellas está la instalación de geomembrana, sin embargo, en estas empresas, el nivel de servicio se ve impactado por los tiempos de entrega al cliente (Julca, 2015).

En los últimos 25 años, los servicios de instalación de geosintéticos han vuelto a ser el motor esencial para el cuidado del medio ambiente, ya que controla las filtraciones de aguas ácidas (Mosqueira, 2014). El nivel de servicio en la instalación de geomembrana se da por los tiempos de entrega de geomembrana instalada, pruebas de calidad y por los tiempos de soldado de geomembrana (López *et al.*, 2015), por lo tanto, es necesario desarrollar mejoras sustanciales en el nivel de servicio, para ello Suarez (2015) sugiere la aplicación de Lean Service en empresas dedicadas a este rubro.

Jiménez (2017), especifica que los principios de Lean Service inicia con la especificación de lo que crea valor, identificación de la cadena de valor, flujos constantes, distribución de la demanda del cliente y entrega de lo que quiere el cliente y cuándo lo quiere.

Lean Service cuanta con más de 60 herramientas, sin embargo, dentro de las principales herramientas conocidas de Lean Service se encuentra el Mapa de Flujo de Valor conocida por sus siglas en inglés (VSM) la cual fue desarrollada por Toyota, en este mapa se representa de forma visual, el estado actual y a la vez se muestran las mejoras en cada proceso identificado (Plasencia, 2013). En dicho mapa se incluyen los flujos de operaciones de la secuencia del proceso, los flujos de materiales, de productos y de información (Cuatrecasas, 2010). Sin embargo, Yana (2013) explica que el VSM muestra

el flujo desde el proveedor hasta el cliente, permitiendo comprender un proceso e identificar sus desperdicios. Asimismo, Vigo (2016) afirma que consiste en plasmar en un papel, de manera sencilla y visual, todas las actividades que se llevan a cabo para obtener un producto e identificar cuál es la cadena de valor; la cadena de valor involucra las actividades que agregan valor en la transformación de materiales e información en un producto terminado o en un servicio. Otra herramienta principal de Lean Service es 5S que constituyen una filosofía para lograr mejoras en la productividad del lugar de trabajo por medio de la estandarización de procedimientos de orden y limpieza (Figuroa, 2012). Se le conoce como 5S por las iniciales de cada fase de esta metodología, las cuales corresponden a cada uno de los términos originales en japonés: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke; que significan, respectivamente, seleccionar, ordenar, limpiar, estandarizar y seguimiento (Narro, 2008). Otra herramienta de Lean Service es Just in Time (JIT), Pajares (2014) lo define como un método de resolución continua y forzada de problemas, bajo un enfoque de reducción del tiempo de producción y del inventario, sin embargo, Borda y Espejo (2000) señalan a JIT como una filosofía que consiste en eliminar la muda o desperdicio mediante la reducción de inventario innecesario y la erradicación de los retrasos en las operaciones. Pérez (2017) aborda la herramienta Kanban como un sistema de control y programación sincronizada de la producción basado en tarjetas (Estela, 2014), dicho sistema consiste en que cada proceso retira solo lo que necesita de los procesos anteriores, y estos comienzan a producir únicamente las piezas, subconjuntos y conjuntos que han sido retirados (Rajadell & Sánchez, 2010). Conesa (2007) explica que Poka Yoke es una herramienta pretende cambiar la actitud mental que se tiene cuando aparece o se comete un error. La aportación de Poka Yoke se ve reflejada en que los errores se pueden evitar si invertimos el tiempo necesario en comprender

cuándo y por qué suceden (Ortiz, 2015). Hernández y Vizán (2013) analizan la herramienta Andon como dispositivos de control que permiten conocer el estado actual del sistema de producción, a su vez sirven de alerta a los equipos de trabajo sobre el surgimiento de problemas, generando una reacción inmediata para la corrección de los mismos. Finalmente, Villarreal (2011) presenta la herramienta Kaizen que es una metodología de mejora continua basada en un enfoque que involucra: la mejora continua a pequeños pasos y sin realizar grandes inversiones.

Dentro de los antecedentes que comprenden las variables de investigación se analizó la tesis de Delgadillo (2018), titulada *“Propuesta de mejora para incrementar el nivel de servicio mediante la aplicación de herramientas Lean Service y BPM en una empresa abastecedora de repuestos mecánicos”*, en el diagnóstico utilizó el diagrama de procesos, análisis del problema, causas, consecuencias e impactos económicos. Luego definió las mejoras en los procesos como las estandarizaciones y nuevas estructuras de las áreas en la cadena de valor de la empresa. Esto se corroboró por medio de las simulaciones, obteniendo reducción de tiempos en espera de 6375 minutos.

Asimismo, Cachicatari (2019), titulada *“Propuesta de mejora basada en lean service para incrementar el nivel de servicio para el uso de presupuesto de adjudicación de servicios de tercerización en una empresa del sector minero”*, en el diagnóstico identificó el bajo nivel de servicio y cumplimiento de contratos en todo el proceso de contrataciones, para ello propuso Poka yoke, Andon y círculos de calidad (Kaizen), estimando un incremento de 12% del nivel de servicio. Por lo tanto, demostró que el proyecto basado en herramientas de la ingeniería industrial como es Lean Service, permite grandes mejoras no solo en producción, sino también en servicios.

Asimismo, Suárez (2015), titulada “*Aplicación de herramientas Lean Service en el área de mantenimiento de una empresa minera*”, desarrolló el mapeado de flujo de la cadena de valor, con el fin de conocer y poner en evidencia aquellas áreas en las cuales se desarrollan los procesos considerados como críticos que tienen lugar en el complejo. Con las herramientas Lean Service no sólo obtuvo mayor nivel de servicio en las distintas áreas del complejo minero, sino también un cambio organizacional importante por parte del personal, aportando así una mejora tanto en el sistema productivo de la empresa como en la imagen que se ofrece al exterior.

Innovación En Geosintéticos y Construcción SRL, es una empresa de capitales peruanos con más de 15 años de experiencia ejecutando obras a nivel nacional en minería, riego, construcción, saneamiento, entre otros sectores.

IGC S.R.L., ofrece el servicio de diseño e instalación de geomembranas tanto en HDPE como en LLDPE (Polietileno de Alta y baja densidad respectivamente), realizando impermeabilizaciones nuevas, reparaciones, auditorías de control de calidad y detección geoeléctrica de fugas. Sus servicios abarcan la instalación de geomembranas en pilas y pads de lixiviación, pozas, recubrimiento de relaveras y Dams, lagunas de oxidación, reservorios, rellenos sanitarios, canales de conducción, taludes, tanques, recubrimiento de Plantas SX-EW. Estos servicios se brindan en minería, saneamiento, agricultura, construcción, otros sectores e instituciones públicas.

Para la soldadura de geomembrana usan sellado con cuña caliente (para asegurar la combinación correcta de velocidad, presión y temperatura), complementándola con sellado por extrusión en zonas de detalles y parches.

La empresa Innovación en Geosintéticos y Construcción S.R.L., realiza la instalación de geomembrana en represas mineras, sin embargo, en el año 2019, se ha reportado que el

nivel de servicio es 11%, lo cual no llega al target establecido por la empresa en el área de operaciones que es 70%; el nivel de servicio se considera bajo debido a las demoras de instalación, por este problema la empresa dejó de licitar la instalación de geomembrana en dos reservorios adicionales, además se le aplicó una multa de 8 UITs por no cumplir con los tiempos de entrega. Ante esta problemática se optó por implementar la herramienta Lean Service, para mejorar los tiempos de instalación.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo influye la implementación de Lean Service en el nivel de servicio del proceso de instalación de geomembrana para reservorios mineros, en la empresa innovación en geosintéticos y construcción SRL?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la influencia de la implementación de Lean Service en el nivel de servicio del proceso de instalación de geomembrana para reservorios mineros, en la empresa innovación en geosintéticos y construcción SRL.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual del nivel de servicio en el proceso de instalación de geomembrana para reservorios mineros.
- Diagnosticar los desperdicios en el proceso de instalación de geomembrana para reservorios mineros.
- Seleccionar las herramientas Lean Service a utilizar para incrementar el nivel de servicio en la instalación de geomembrana.
- Analizar el efecto de la implementación de Lean Service en el nivel de servicio.

- Realizar el análisis económico de la implementación de las herramientas Lean Service.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

**Según su propósito:** La investigación fue aplicada, ya que se utilizó conceptos ya definidos como lo es la herramienta Lean Service (Oblitas, 2018).

**Según su profundidad:** La investigación fue explicativa, porque se estudió las relaciones de influencia entre las dos variables, es decir de la herramienta Lean Service y el nivel de servicio (Oblitas, 2018).

**Según la naturaleza de sus datos:** La investigación fue cuantitativa, ya que se ha medido la cantidad de desperdicios actuales y lo que se pretende reducir (Oblitas, 2018).

**Según su manipulación de la variable:** La investigación fue cuasi experimental, ya que se pretendió manipular la herramienta Lean Manufacturing para incrementar el nivel de servicio (Oblitas, 2018).

### 2.2. Método

Los métodos utilizados se elaboraron de acuerdo a los objetivos específicos:

#### 2.2.1. Metodología para diagnosticar la situación actual del nivel de servicio

Uno de los aspectos del nivel de servicio es el tiempo de entrega del proyecto, el cual es pactado con la empresa minera dependiendo de la magnitud del reservorio, sin embargo, este tiempo se ve afectado por sobretiempos debido a la presencia de desperdicios; por lo tanto, bajo este contexto se ha considerado como nivel de servicio al sobretiempos en la entrega del servicio, con una relación inversamente proporcional, es decir mientras menor sea el sobretiempos mayor va a ser el nivel de servicio. Para su cálculo, se ha restado la fecha entregada mensual y la fecha



pactada de entrega mensual, los resultados se sumaron y promediaron entre los meses de estudio, tal como se muestra en la ecuación 1 (Vargas, 2018).

$$NS = \frac{\sum(FE - FPE)}{n} \quad (1)$$

Donde:

NS= Nivel de servicio.

FPE= Fecha pactada de entrega mensual.

FE= Fecha entregada mensual.

n=Cantidad de meses de estudio (7 meses).

Los sobretiempos mensuales se compararon con el target de 20 horas, bajo un margen pesimista que la empresa estableció, es decir al tiempo medio de entrega sólo debe sobrepasar máximo 20 horas mensuales para cualquier proyecto.

Para determinar las causas que afectan el nivel de servicio se analizaron los desperdicios Lean.

### **2.2.2. Metodología para análisis de desperdicios**

Los desperdicios más relevantes se determinaron con el diagrama de Pareto utilizando el esquema mostrado en la figura 1, en donde el 80% representa a los desperdicios con mayor impacto y el 20% representa a los desperdicios de menor impacto; en esta investigación se pretende solucionar los desperdicios comprendidos en el 80%.

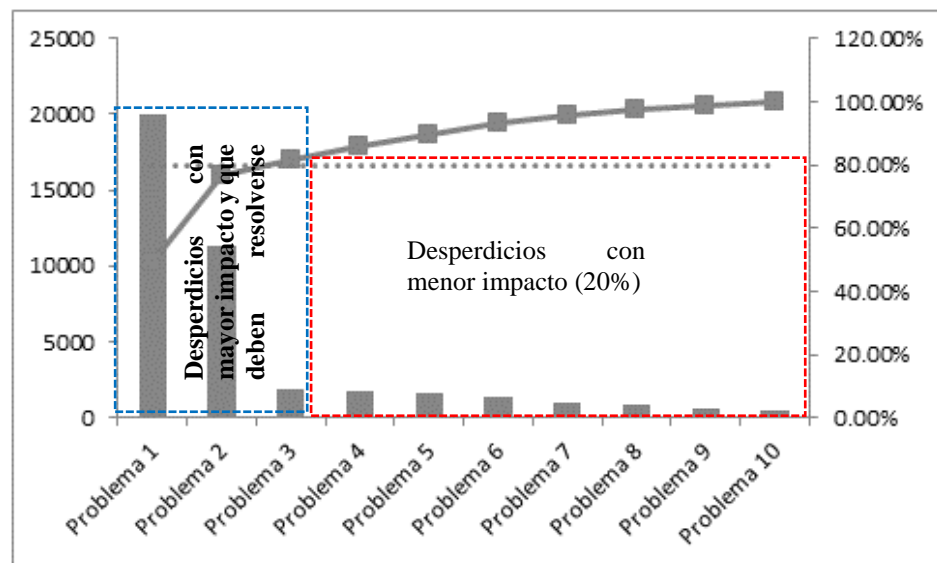


Figura 1. Esquema del diagrama Pareto.

Después de determinar los desperdicios más impactantes (80%) en el diagrama de Pareto, se analizaron sus causas utilizando el diagrama de Ishikawa, mostrado en la figura 1, con el que se ha realizado un análisis de causalidad (Sánchez, 2016). En el diagrama utilizado se diferenciaron 5 ramas de las posibles causas que son:

- Máquina: se analizó cada máquina empleada y su funcionamiento, su metodología de trabajo y su configuración.
- Método: Se enfocó en preguntarse si se están haciendo las cosas bien y si hay alguna forma de mejorarlas.
- Materiales: se analizó las características del material en los repuestos y sus condiciones.
- Medida: es la categoría de las decisiones y acciones tomadas anteriormente. Ellas pueden haber alterado el proceso y dar origen al problema.
- Mano de obra: se identificaron las fallas causadas por la mano de obra, ya que si bien es cierto que son los procesos los que fallan, éstos se llevan a cabo por trabajadores.

- Medio ambiente: se tomó en cuenta las condiciones ambientales para garantizar que son las más adecuadas para realizar el trabajo.

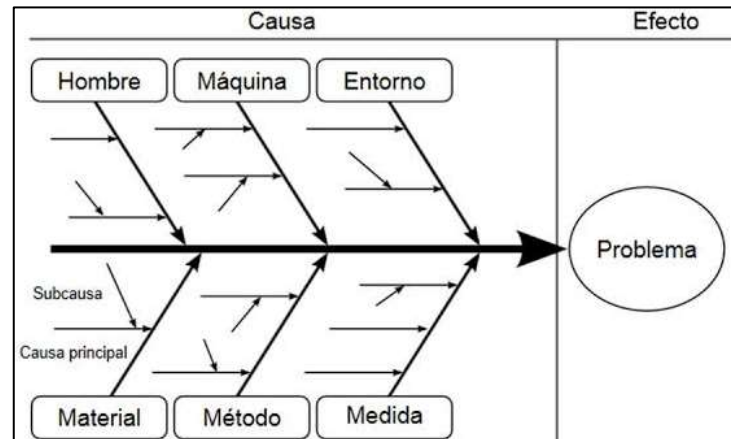







Figura 2. Esquema del diagrama de Ishikawa.

Las causas identificadas en Ishikawa se organizaron en función del desperdicio identificado, la cantidad de veces que ocurrió y el porcentaje acumulado, con lo cual fue posible priorizar usando el diagrama de Pareto (Figura 1).

Se calcularon los desperdicios Lean, más relevantes:







- Tiempo de espera: es el tiempo, durante la realización del proceso productivo, en el que no se añade valor. Esto incluye esperas de material, información, máquinas, herramientas, retrasos en el proceso de lote, averías, cuellos de botella, recursos humanos (Julca, 2014). Bances (2017) sugiere que para determinar este desperdicio en empresas dedicadas a brindar servicios se debe utilizar el diagrama de análisis del proceso, el cual es la representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transporte, inspecciones, demoras y los almacenamientos que ocurren durante el proceso de instalación de geomembrana, y comprende toda la información que se considera deseable para el análisis de tiempos. Las actividades principales se especifican en la tabla 1.

Tabla 1  
*Simbología para elaborar el diagrama de análisis de procesos.*

Actividad	Símbolo	Descripción
Operación		Se produce cuando el operario proporciona o recibe información y cuando planea, calcula y ejecuta (Camacho, 2016).
Transporte		Se usa cuando se traslada un objeto o cuando una persona va de un lugar a otro, excepto cuando el movimiento forma parte de la operación o es causado por el operador en la estación de trabajo (Cabrera, 2016).
Inspección		Se usa cuando se examina un objeto para identificarlo o cuando se verifica la calidad o cantidad de cualquier de sus características (Díaz, 2016).
Demora		Se produce cuando un objeto o persona espera la acción planeada siguiente (Avendaño, 2017).
Almacenamiento		Se usa cuando un objeto se guarda y protege contra el retiro no autorizado (Santillán, 2017).

Por lo tanto, para determinar este desperdicio mediante el diagrama de análisis de procesos sugerido por Bances (2017), para empresas prestadoras de servicios, se empleó la tabla 2, en la cual se muestra el tiempo de cada actividad en el proceso.

Tabla 2  
*Diagrama de análisis de procesos.*

	Tiempo	Op.	Trans.	Dem.	Insp,	Ope+Ins	Almac
Actividades	min.						
<b>Total</b>							

Para el desperdicio de tiempo de espera, se contaron los tiempos de demora mostrados en el diagrama de análisis operaciones.

- Defectos: Los defectos de producción y los errores de servicio no aportan valor y producen un desperdicio enorme, ya que consumimos materiales, mano de obra para reprocesar y/o atender las quejas, y sobre todo pueden provocar insatisfacción en el cliente (Quispe, 2016). En esta investigación se consideró como defectos a los metros pegados que no superan los 250 MPa de presión. Este desperdicio se

ha determinado directamente al contar los metros observados en el trayecto de pegado de la geomembrana.

Para calcular los tiempos que no agregan valor por defectos, este desperdicio se ha correlacionado con tiempo empleado en reinstalar la geomembrana observada por no cumplir con la calidad de pegado, y se ha calculado al tomar el tiempo directamente en campo la duración del pegado de los metros observados.

Para el cálculo de demoras en el desperdicio de defectos, de acuerdo a los reportes de operación, se determinó que para reinstalar los metros observados se emplea en promedio 15 minutos por metro, el cálculo de demoras se realizó utilizando la ecuación 2.

$$DD = MO * TPM \quad (2)$$

Donde:


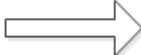

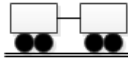

DD= Demoras en defectos.






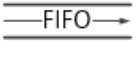




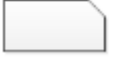



MO= Metros observados

TPM= Tiempo promedio por metro observado = 15 minutos.

Finalmente, el diagnóstico finalizó con el diseño del VSM, para ello se utilizaron los símbolos mostrados en la tabla 3.

Tabla 3  
Simbología VSM.

Símbolo	Descripción
	Fuentes externas: Este símbolo representa clientes y proveedores.
	Flecha de traslado: traslado de materias primas y producto terminados. De proveedor a planta o de planta a cliente.
	Transporte mediante camión de carga.
	Transporte mediante tren.
	Transporte mediante avión.

	Caja de proceso
	Información: Pronóstico, plan de producción, programación.
	Casillero de datos con indicadores del proceso.
	Flecha de empuje para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuándo este se lleva a cabo mediante un sistema push
	Flecha de arrastre para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuándo este se lleva a cabo mediante un sistema pull.
	Flecha para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuándo este se lleva a cabo mediante una secuencia: “primeras entradas, primeras salidas”.
	Inventario: De materia prima, producto en proceso, producto terminado.
	Información transmitida de forma manual.
	Información transmitida de forma electrónica.
	Relámpago Kaizen: Este símbolo representa los puntos dónde deben realizarse eventos de mejora enfocados en implementar la herramienta de Lean Manufacturing expresada.
	Kanban de producción.
	Kanban de transporte.
	Nivelación de la carga: Herramienta que se emplea para interceptar lotes de Kanbans y nivelar el volumen de la producción.
	Línea de tiempo: Muestra los tiempos de ciclo de las actividades que agregan valor, y los tiempos de las actividades que no agregan valor.
	En base a los problemas identificados se ha utilizado las siguientes herramientas Lean, de acuerdo a cada problema.

En base al diagnóstico se ha utilizado las siguientes herramientas Lean, para cada problema identificado.

### 2.2.3. Elección de las herramientas Lean Service

Como herramientas Lean Service se presentan un gran número como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Herramientas Lean Service.

Su criterio de selección se describe a continuación por cada herramienta:

- **5S:** Se utilizará en caso se presenten problemas en la limpieza, orden, organización, que generan pérdidas de tiempo a la hora de buscar herramientas.
- **SMD:** se seleccionará esta herramienta en caso los empleados se tarden en cambiar el utillaje de herramientas y máquinas.
- **KANBAN:** Este sistema se elegirá cuando no exista equilibrio óptimo en el proceso de producción entre proveedores y clientes.
- **Hoshin Kanri:** Esta herramienta se utilizará cuando los objetivos de la compañía en su conjunto no se alinean con el trabajo que se lleva a cabo en el taller.
- **Andon:** Esta herramienta se va a elegir cuando los empleados de una determinada compañía no pueden conocer en tiempo real cuál es el avance y estado de las acciones de mejora continua.
- **TPM:** Se aplicará esta herramienta cuando se presenten paradas en las máquinas a causa de una avería.

- **HEIJUNKA:** Se aplicará cuando en la empresa se detecten problemas con la planificación de la producción.
- **Takt time:** Se utilizará esta herramienta cuando se presenten problemas con el ritmo de producción para cumplir con los plazos de entrega.
- **POKA-YOKE:** Esta herramienta se va a seleccionar cuando se detecten errores en el proceso productivo, dando origen a defectos.

#### **2.2.4. Para determinar la mejora en el nivel de servicio con el diseño de las herramientas Lean Service.**

La mejora en el nivel de servicio se ha determinado mediante análisis teóricos, tal como lo sugiere De La Cruz (2014), para investigaciones de diseños que no han sido implementadas. Se tomaron cuatro investigaciones teóricas y se determinó el porcentaje de mejora en cada uno, luego se los ha promediado; dicho promedio se ha asumido como el incremento en el nivel de servicio de la presente investigación.

#### **2.2.5. Para el análisis económico de la aplicación de herramientas Lean en el nivel de servicio**

Para el análisis económico, se determinaron los costos de inversión fija que se requiere para la implementación y para el mantenimiento de las herramientas Lean, segundo, se determinó el ahorro que tiene con el funcionamiento de las mejoras y finalmente se determinó los gastos que se tuvieron con las mejoras. Con estos datos se determinaron el VAN, TIR y WACC, utilizando las ecuaciones 3 y 4.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{B_i - C_i}{(1+k)^i} \quad (3)$$

Donde:

$I_0$ : Inversiones inicial.

$B_i$ : Ingresos.

$C_i$ : Costos y gastos proyectados.



n: periodo del proyecto.

K: Tasa de descuento.

$$TIR = \sum_{i=0}^n \frac{Qn}{(1+i)^n} = 0 \quad (4)$$

Donde:

n: periodo del proyecto.

i: Inversión inicial.

Qn: Flujo de caja en un periodo n.

### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

En la tabla 4, se detallaron los instrumentos, técnicas e indicadores relacionados al objetivo específico donde se recolectaron los datos.

Tabla 4  
*Técnicas e instrumentos de investigación.*

Objetivo específico	Técnica	Instrumento	Fuente bibliográfica de la técnica
Diagnosticar la situación actual en el taller de la empresa.	Revisión documental	Ficha resumen: estado actual de los indicadores mediante reportes.	(Bances, 2017)
	Entrevista	Guía de entrevista: aplicado al personal implicado.	(Gómez, 2017)
	Observación	Guía de observación: del proceso	(Camacho, 2016)

Para la puesta en marcha fue necesario realizar la lista de verificación de acceso a datos e información de la empresa (ver tabla 5).

Tabla 5  
*Lista de verificación de técnicas e instrumentos.*

Preguntas Generales	Si / No	Acciones por tomar
¿Se cuenta con acceso a las áreas necesarias para obtener los datos de investigación?	Sí	-
¿Se cuenta con acceso a todos los reportes de tiempos de la empresa?	Sí	-
¿Se tiene el permiso para aplicar la entrevista al jefe de área necesaria para esta investigación?	Sí	-

¿Se cuenta con el permiso para usar los datos?	Sí	-
¿Cuenta con el permiso para intercambiar conocimientos con el personal?	Sí	-

Se detalló el procedimiento del diseño, los instrumentos utilizados fueron:

#### **a. Ficha resumen**

El objetivo de la ficha resumen fue seleccionar a los reportes de actividades de instalación de geomembrana de la empresa Innovación en Geosintéticos y Construcción SRL. A través de esta ficha se levantó información de los reportes de actividad de instalación de geomembrana que incluyó tipo de servicio, equipos aplicados, duración de la actividad.

Dichos reportes fueron brindados por el área de servicios de la empresa y se resumieron en el anexo 1.

#### **Fase de aplicación**

La ficha resumen se aplicó en dos ocasiones, para determinar las actividades de instalación de geomembrana y para identificar los tiempos de instalación, analizando los reportes de la empresa. La aplicación de la ficha resumen duró diez días.

#### **b. Guía de entrevista:**

La entrevista se realizó al supervisor de obra, quien es el colaborador que tiene más conocimiento del tema en el área. La entrevista estuvo compuesta por 14 preguntas abiertas, la primera pregunta se enfocó en conocer las actividades de que se realizan en la instalación de la geomembrana. Las preguntas de 2 a la 13 sirvieron para conocer el valor actual y esperado de los indicadores eficiencia, productividad, tiempo de ciclo interno, tiempo de espera promedio. La pregunta 14, ayudaron a identificar las mejoras que se deben aplicar para reducir los tiempos de instalación de geomembrana.

El lugar de la entrevista fue en la oficina de la empresa Innovación En Geosintéticos y Construcción SRL, se llevó el material de recolección de datos como la entrevista impresa, un lápiz y un borrador. Se inició la entrevista con el saludo al entrevistado, la conversación no siguió un esquema rígido de desarrollo, razón por la cual fue posible (y a veces) retroceder y retomar preguntas ya tratadas. La entrevista duró 30 minutos. Los datos obtenidos en la entrevista se plasmaron en un documento, con esos datos se realizó el diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, el VSM y se analizó los indicadores del taller de la empresa.

### **c. Guía de observación**

La guía de observación tuvo por objetivo determinar los equipos que requieren en la instalación de geomembrana, las herramientas que se utilizan, los movimientos con sus distancias que se realizan. La guía está compuesta por 10 ítems el primero ayudo a identificar los equipos, el segundo identificó cuales son las máquinas y equipos que intervienen en la instalación de geomembrana, el tercero ayudó a determinar la cantidad de colaboradores involucrados en el proceso, el cuarto definió los problemas y causas que se presentan, el quinto determinó las herramientas que se utilizan en la instalación, el sexto evaluó el abastecimiento de repuestos y materiales, el séptimo ítem ayudó a identificar las causas de los reprocesos, el octavo ayudó a determinar algunas observaciones dentro del taller, el noveno determinó cuales son los movimientos en el taller y finalmente el décimo determinó cuales son las distancias de los movimientos.

### **Fase de aplicación**

La guía de observación se aplicó para determinar los equipos, maquinarias y herramientas que intervienen en el proceso de instalación de geomembrana, analizando

visualmente cada ítem. La aplicación de la guía de observación duró 8 días de acuerdo a las actividades realizadas.

#### **2.4. Procedimiento**

El procedimiento de la investigación se ha realizado mediante el esquema mostrado en la figura 4.

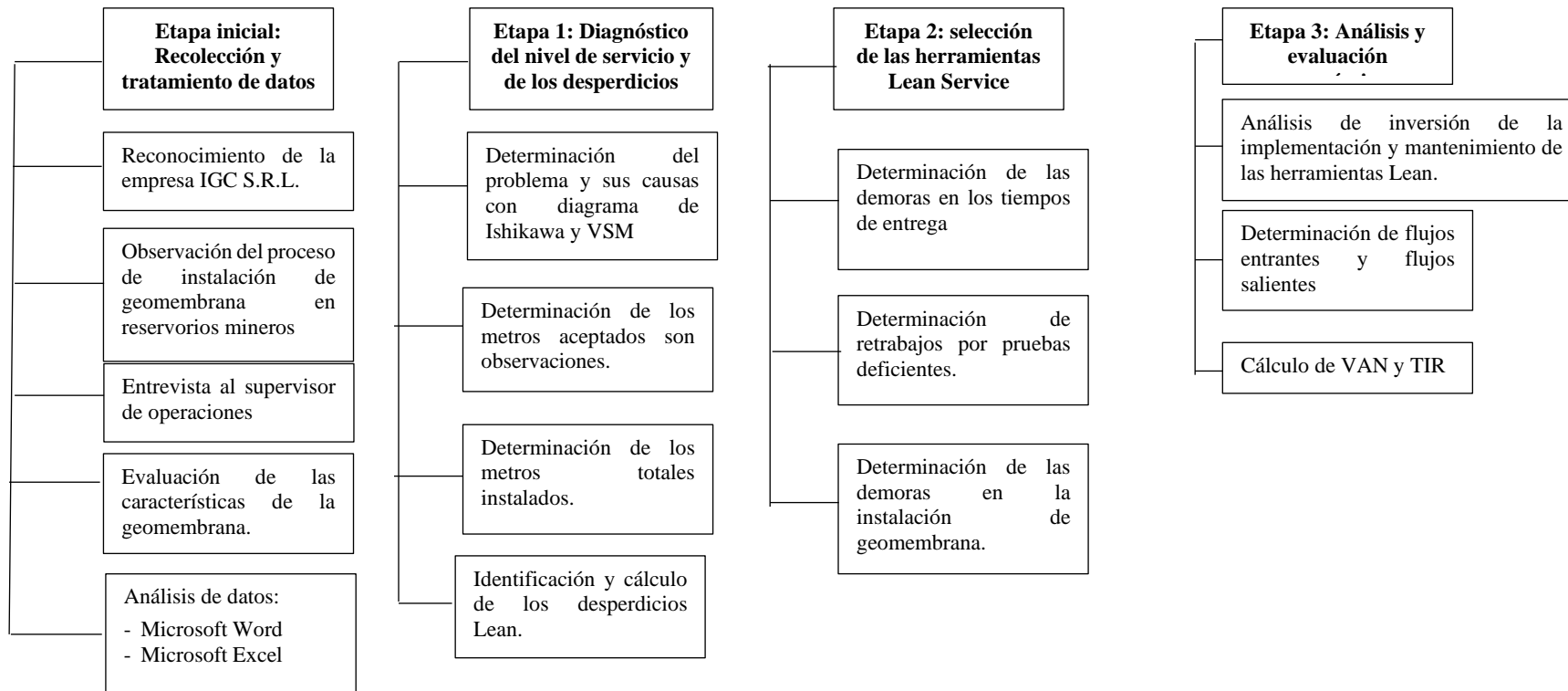


Figura 4. Procedimiento metodológico de la investigación.

## 2.4. Matriz de operacionalización

Tabla 6

*Matriz de operacionalización.*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Fórmula
<b>Variable Dependiente:</b> <b>Nivel de servicio.</b>	Porcentaje de los pedidos que la empresa es capaz de atender dentro de un plazo determinado (Espinoza, 2017).	Sobretiempo	Nivel de servicio	$NS = \frac{\sum(FE - FPE)}{n}$ NS= Nivel de servicio. FPE= Fecha pactada de entrega mensual. FE= Fecha entregada mensual. n=Cantidad de meses de estudio (7 meses).
			Demora de entrega	DE=FPE-FEM DE= Demora de entrega. FPE= Fecha pactada de entrega mensual. FE= Fecha entregada mensual.
			Meses estudiados	n=MF-MI n=Cantidad de meses de estudio (7 meses). MF= Mes final – Mes inicial
<b>Variable Independiente:</b> <b>Lean Service</b>	Filosofía de gestión enfocada a la reducción de los ocho tipos de “desperdicios” o MUDA por su palabra japonesa (sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos, potencial humano subutilizado) en servicios otorgados a un cliente. (García, 2016).	Desperdicios Lean	Esperas	$ME = TT - (AO + AT + AI + AA)$ ME= Minutos de esperas. TT=Tiempo total. AO=Actividades operativas. AT= Actividades de transporte. AI=Actividades de inspección. AA= Actividades de almacenamiento.
			Defectos	$D = MI - MSO$ D= Defectos. MI= Metros instalados. MSO= Metros sin observación (metros con presión superior a 250 MPa).
			Cantidad de metros observados	$MO = MI - MSO$ MO= Metros observados. MI= Metros instalados. MSO= Metros sin observación (metros con presión superior a 250 MPa).
			Demoras en defectos	$DD = MO * TPM$ DD= Demoras en defectos. MO= Metros observados. TPM= Tiempo promedio por metro observado = 15 minutos.
			Tiempo promedio por metro cuadrado	$TP = \frac{T1 + T2 + \dots + Tn}{n}$ TP= Tiempo promedio. T1, T2, Tn=Toma de tiempos. n=cantidad de toma de tiempos.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

La empresa innovación en Geosintéticos y construcción SRL trabaja por contrato en diversas empresas mineras a nivel nacional como lo son Yanacocha, Antamina, Cerro Verde y Barrick, sus contratos radican en la instalación de geomembrana en un área determinada. Para la empresa minera en Cajamarca se tienen contratos establecidos para reservorios de aguas tratadas, que son reservorio LQ, reservorio YN reservorio OI; dichos contratos se han visto afectados por el nivel de servicio inadecuado.

#### 3.1. Diagnóstico de la situación actual del nivel de servicio en la instalación de geomembrana para represas mineras

Se midió el nivel de servicio desde enero 2020 hasta noviembre 2020, utilizando la ecuación 1, para determinar los tiempos de demoras en la entrega de geomembrana instalada.

De acuerdo a la entrevista al supervisor se determinó que el problema principal en este servicio son los altos tiempos de instalación, para ello se presentan los siguientes reportes en la tabla 7.

Tabla 7  
*Sobretiempos en instalación de geomembrana HDPE.*

Mes	Fecha de entrega pactada	Fecha entregada	Sobretiempo (horas)
Enero	28/01/2020	19/02/2020	82.40
Febrero	28/02/2020	20/03/2020	75.30
Marzo	29/03/2020	13/04/2020	62.40
Abril	28/04/2020	18/05/2020	68.50
Mayo	29/05/2020	15/06/2020	62.80
Junio	28/06/2020	18/07/2020	73.20
Julio	30/07/2020	11/08/2020	68.74
<b>Horas promedio</b>			<b>70.50</b>

En la tabla 7, se evidencia que desde enero hasta julio del 2020 la empresa ha obtenido 70.50 horas en promedio mensual por sobretiempo de entregas de la

instalación de geomembrana. El target establecido por el área de operaciones de la empresa es 20 horas, el comparativo se muestra en la figura 5.

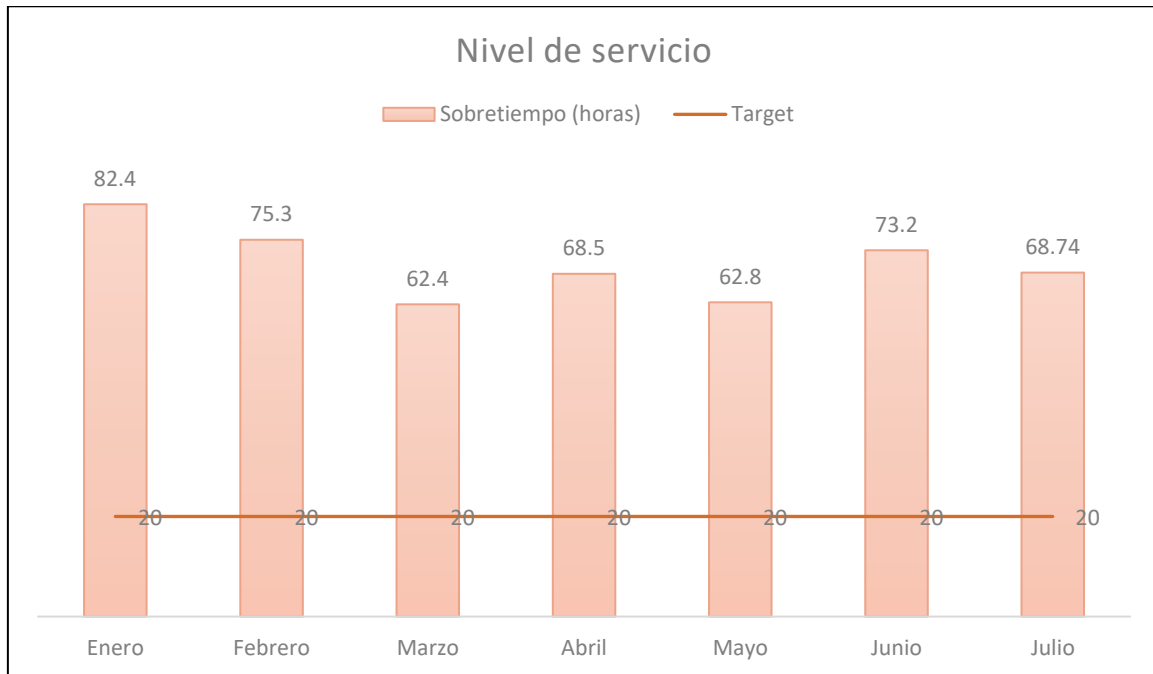


Figura 5. Nivel de servicio actual.

En la figura 5, se muestra el nivel de servicio desde enero hasta julio del 2020, en todos los meses se supera al target establecido de las 20 horas, los resultados de sobretiempo varían desde 62.40 horas hasta 82.40 horas, y un promedio de 70.50 horas, por lo tanto, se supera en target en 50.50 horas.

Para determinar las causas que afectan el nivel de servicio, se ha realizado el análisis de desperdicios Lean, mostrado en el ítem 3.2.

## 3.2. Análisis de desperdicios

### 3.2.1. Diagrama de Pareto de los desperdicios Lean

Para la elaboración de Pareto se calcularon los datos mostrados en la tabla 8.

Tabla 8  
*Porcentaje del tiempo de demora en desperdicios.*

Desperdicio	Demoras en minutos	Porcentaje	porcentaje acumulado
Tiempo de espera	23690	55%	55%
Defectos	13005	30%	85%



Sobreprocesamiento	2700	6%	92%
Inventarios innecesarios	1394	3%	95%
Sobreproducción	1254	3%	98%
Movimientos innecesarios	700	2%	99%
Trasporte innecesario	232	1%	100%
<b>Total</b>	<b>42975</b>	<b>100%</b>	

Con estos datos se realizó el diagrama de Pareto mostrado a continuación:

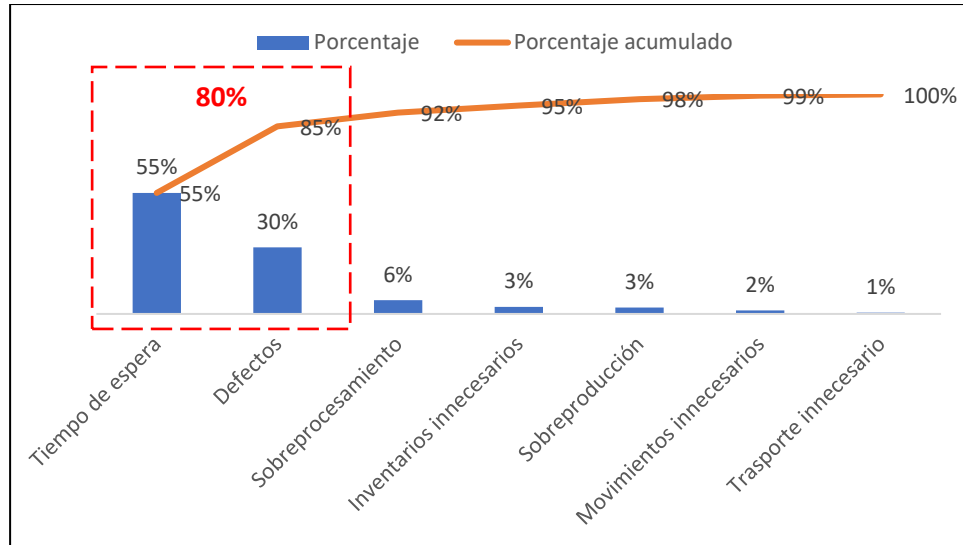


Figura 6. Diagrama de Pareto.

De los 7 desperdicios analizados se han evaluado los más frecuentes, el 80% considera a los pocos vitales, y el 20% a los muchos triviales. Los desperdicios que se van a evaluar son tiempos de espera y defectos.

**a. Desperdicio altos tiempos de espera.**

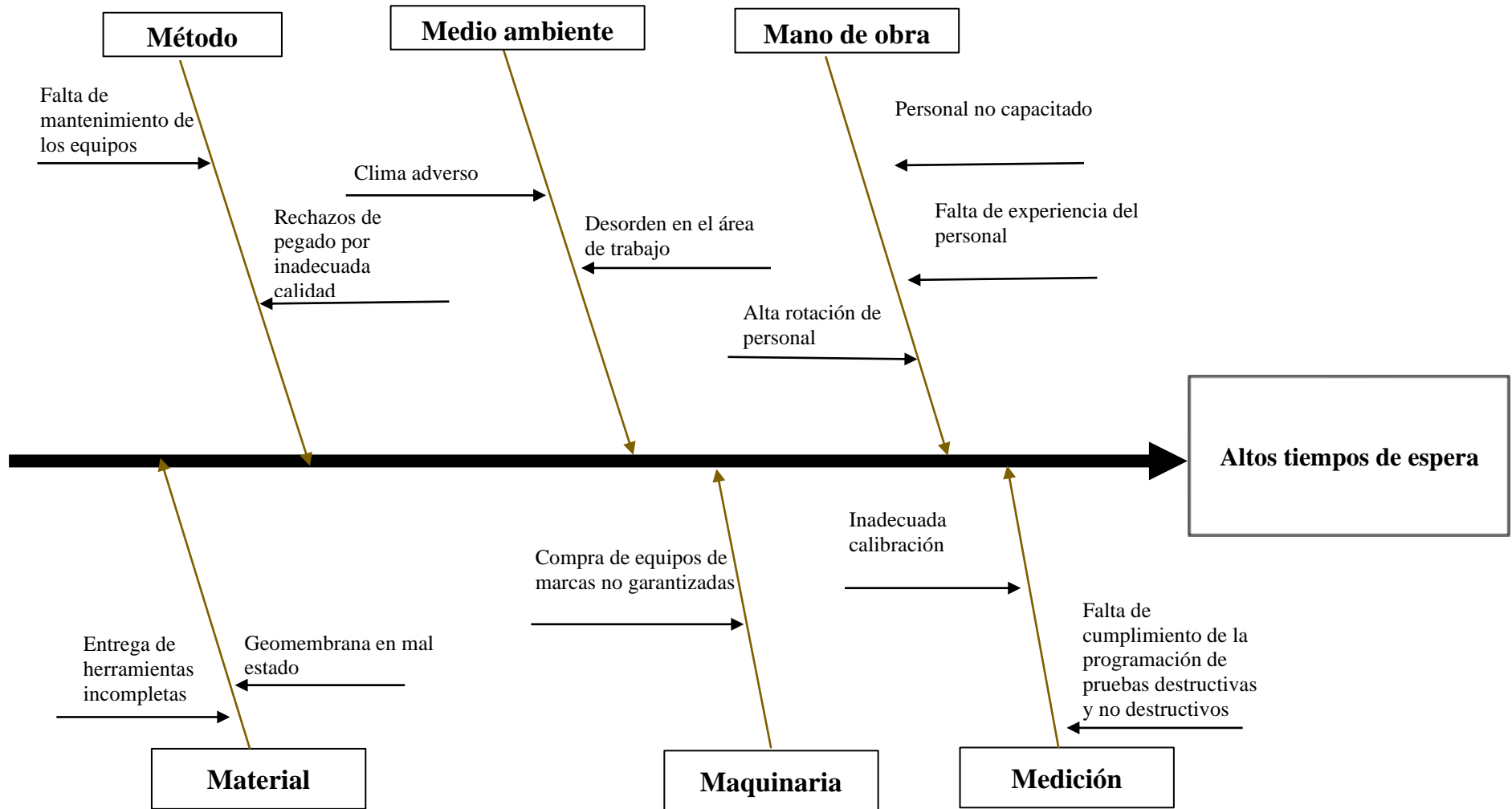


Figura 7. Esquema del diagrama de Ishikawa de la empresa.

El Ishikawa mostrado en la figura 7, tiene como problema principal los altos tiempos de espera, en Método se encontraron como causas la falta de mantenimiento de los equipos y los rechazos de pegado por inadecuada calidad, en Medio Ambiente se encontró el clima adverso y el desorden en el área de trabajo, en Mano de Obra se encontró el personal no capacitado, la alta rotación de personal y la falta de experiencia del personal; en Material se encontró a la entrega de herramientas incompletas y la geomembrana en mal estado; en Maquinaria se encontró la compra de equipos de marcas no garantizadas, en Medición se encontró la inadecuada calibración y la falta de cumplimiento de la programación de pruebas destructivas y no destructivas.

De las causas mostradas en el diagrama de Ishikawa de la figura 7, se ha elaborado el diagrama de Pareto para evaluar las causas potenciales.

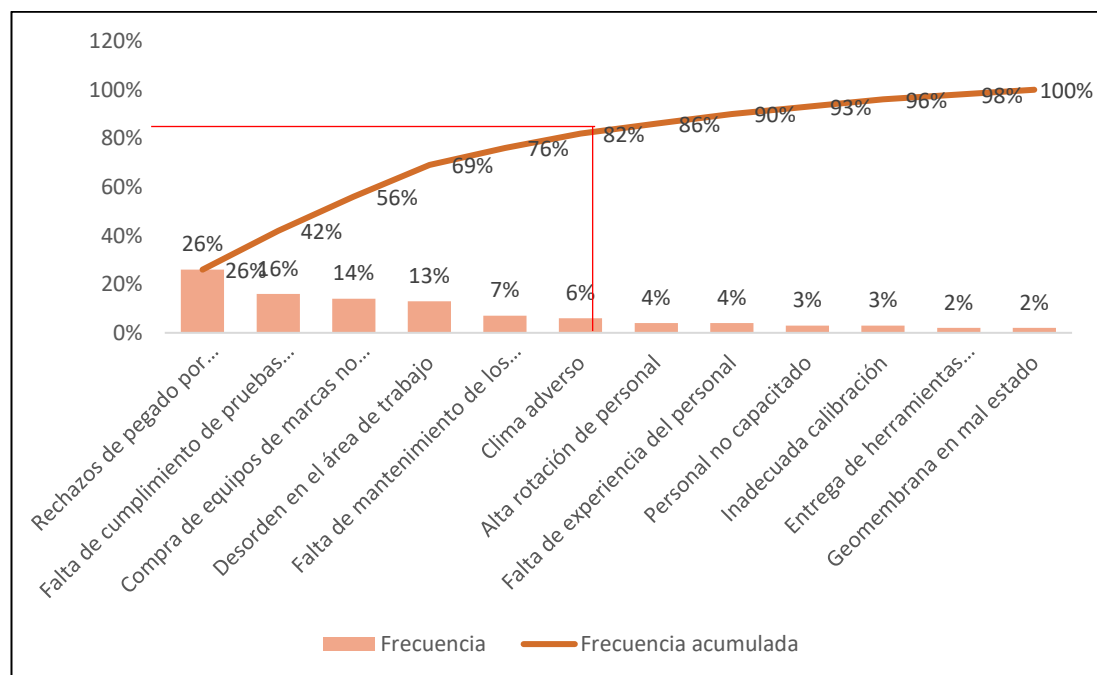


Figura 8. Diagrama de Pareto.

De la figura 8, se han determinado las causas potenciales que comprenden el 80%, que son:

- Rechazos de pegado por inadecuada calidad

- Falta de cumplimiento de pruebas destructivas
- Compra de equipos de marcas no garantizadas
- Desorden en el área de trabajo
- Falta de mantenimiento de los equipos
- Clima adverso

Para determinar este indicador se ha utilizado el diagrama de análisis del proceso, tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9  
*Diagrama de análisis de actividades.*

Actividades	Tiempo	Op.	Trans.	Dem.	Insp,	Ope+Ins	Almac
	min.	○	⇒	D	□	◻	▽
Inspección de rollos de geomembrana en almacén	00:10:00				X		
Solicitud de pedido de geomembrana	00:05:00	X					
Espera de atendido de geomembrana solicitada	00:20:00			X			
Retirar geomembrana del almacén	00:15:00	X					
Espera de transporte de geomembrana del almacén al reservorio	00:20:00			X			
Traslado de geomembrana del almacén al reservorio	00:20:00		X				
Espera de personal para descargar rollos de geomembrana	00:10:00			X			
Descargado de rollos de geomembrana	00:15:00	X					

Traslado de la geomembrana a la zona de corte	00:20:00		X				
Corte de geomembrana	00:30:00	X					
Traslado de los cortes de geomembrana al área de pegado	00:35:00		X				
Espera de personal para alineado de geomembrana	00:10:00				X		
Alineado de geomembrana	00:30:00					X	
Espera de soldadura	00:15:00				X		
Colocar soldadura en la máquina soldadora	00:05:00	X					
Pegado de geomembrana con soldadura	00:40:00		X				
Corte de la soldadura al finalizar	00:05:00	X					
Aseguramiento de geomembrana en los extremos	00:20:00					X	
<b>Total</b>	<b>05:25:00</b>	<b>01:15:00</b>	<b>01:55:00</b>	<b>01:15:00</b>	<b>0:10:00</b>	<b>00:50:00</b>	<b>00:00:00</b>

De acuerdo a la tabla 9, los tiempos de espera ascienden a 1 hora con 15 minutos, de un total de 05 horas con 25 minutos.

Los tiempos de espera ascienden a 1 hora con 15 minutos, de un total de 05 horas con 25 minutos. Considerando la jornada laboral de 8 horas con trabajos diarios, se contabilizaron 214 días desde enero hasta julio del 2020, haciendo un total de 1712 horas trabajadas y 394.8 horas de demoras (23 690 minutos).

**b. Desperdicio altos defectos**

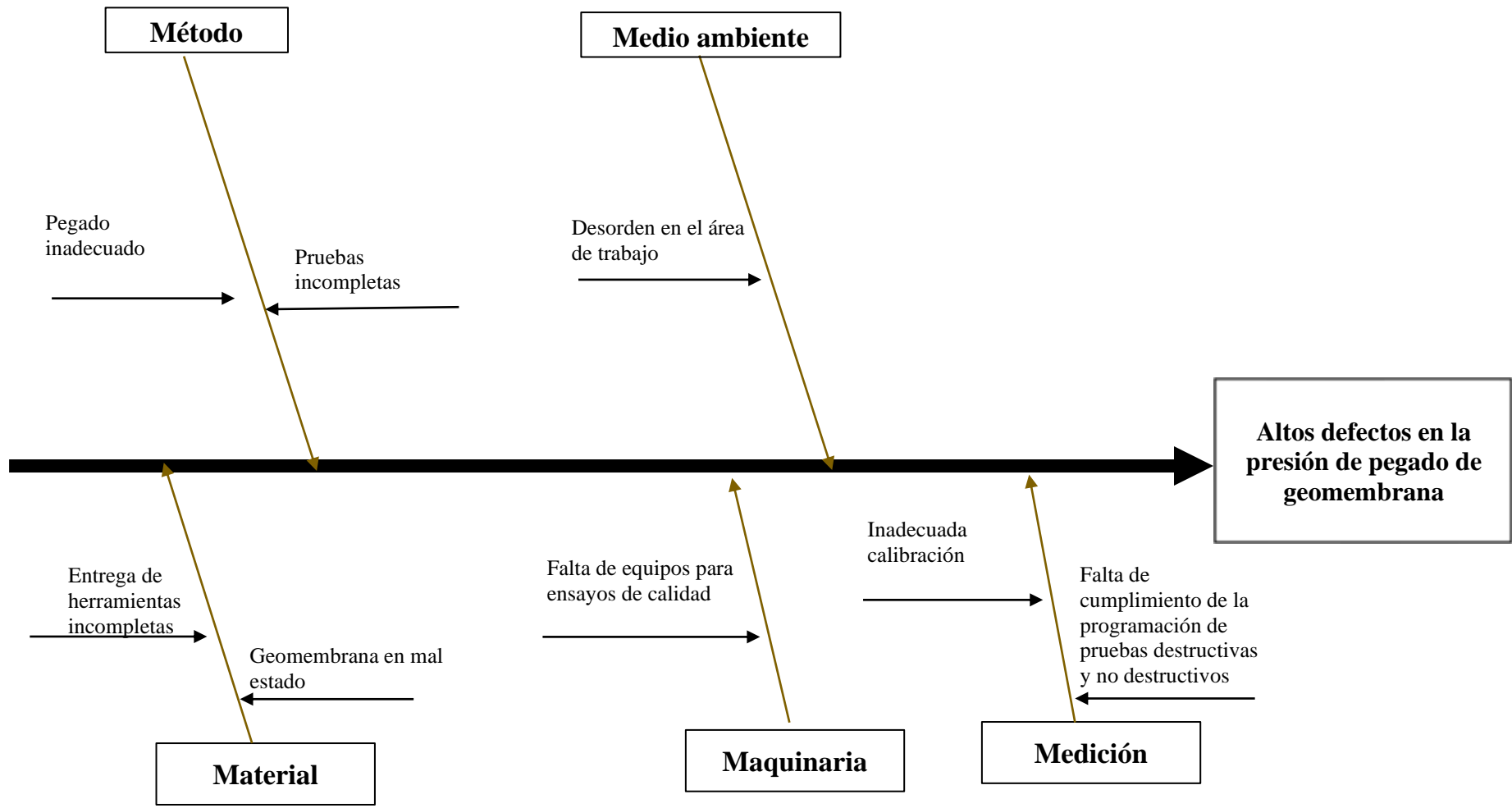


Figura 9. Diagrama de Ishikawa de altos defectos en la presión de pegado de geomembrana.

El Ishikawa mostrado en la figura 9, tiene como problema principal altos defectos en la presión de pegado de geomembrana, en Método se encontraron como causas el pegado inadecuado y pruebas incompletas, en Medio Ambiente se encontró el desorden en el área de trabajo, en Material se encontró a la entrega de herramientas incompletas y la geomembrana en mal estado; en Maquinaria se encontró la falta de equipos para ensayos de calidad, en Medición se encontró la inadecuada calibración y la falta de cumplimiento de la programación de pruebas destructivas y no destructivas. De las causas mostradas en el diagrama de Ishikawa de la figura 9, se ha elaborado el diagrama de Pareto para evaluar las causas potenciales.

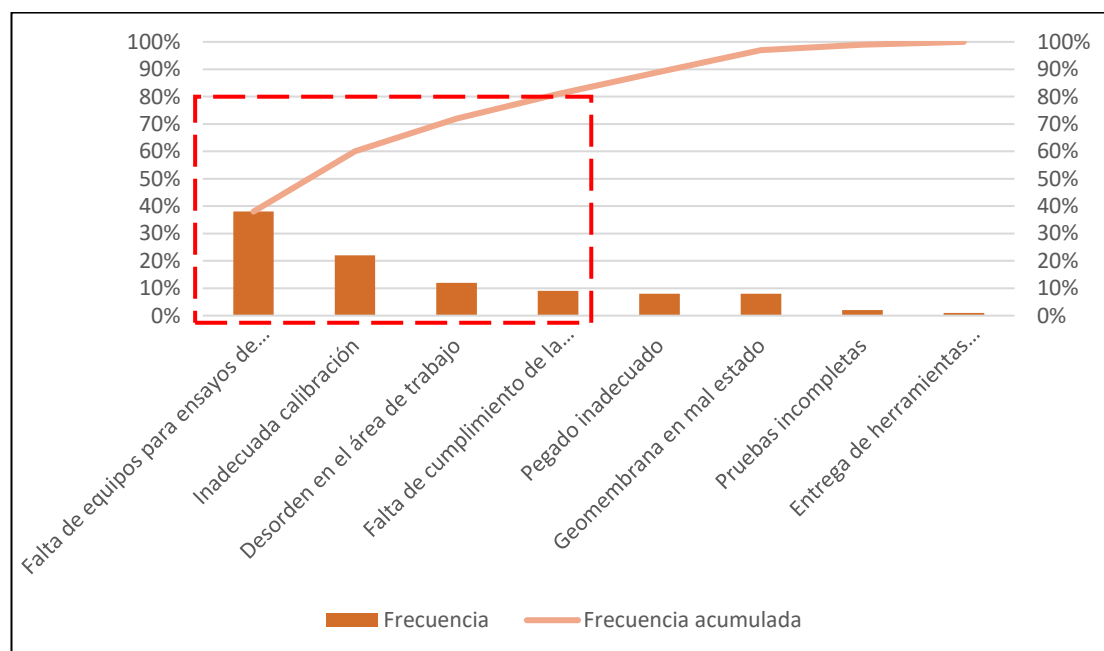


Figura 10. Diagrama de Pareto.

De la figura 10, se han determinado las causas potenciales que comprenden el 80%, que son:

- Falta de equipos para ensayos de calidad.
- Inadecuada calibración
- Desorden en el área de trabajo

- Falta de cumplimiento de la programación de ensayos destructivos y no destructivos.

En el proceso de pegado se debe cumplir con una presión de 250 MPa, cuando con esta presión se tiene que rectificar las soldaduras ya que no cumplen con la presión esperada con la calidad esperada de acuerdo a los ensayos realizados.

El pegado que no cumple con la presión indicada se debe al clima adverso ya que la cuña es térmica y es difícil q haga correctamente su función, otra causa es cuando la temperatura de la soldadura no supera los 450° para los 2 mm.

En la tabla 10 se muestra los metros que han sido observado y se tuvo que reinstalar.

Tabla 10  
*Metros observados para reinstalar de geomembrana HDPE.*

<b>Mes</b>	<b>Metros instalados</b>	<b>Metros observados</b>
Enero	9 500	122
Febrero	11 200	145
Marzo	12 600	138
Abril	11 200	126
Mayo	8 700	95
Junio	10 300	118
Julio	11 500	123
<b>Total</b>	<b>75 000</b>	<b>867</b>

Se ha realizado la reinstalación de 867 metros de geomembrana por no cumplir con las pruebas presión deficiente la cual es 250 MPa, esta tarea es de control de calidad, ya que se evalúa constantemente la soldadura, el trabajo es rechazado y se tiene que realizar otra vez. En la tabla 11, se muestra el tiempo empleado en reinstalar la geomembrana observada por no cumplir con la calidad de pegado.



Tabla 11  
*Tiempo para reinstalar de geomembrana HDPE.*

<b>Mes</b>	<b>Tiempo de reinstalación (minutos)</b>	<b>Promedio mensual</b>
Enero	191	
Febrero	184	
Marzo	206	
Abril	192	192
Mayo	186	
Junio	184	
Julio	201	
<b>Total</b>	<b>1 344</b>	

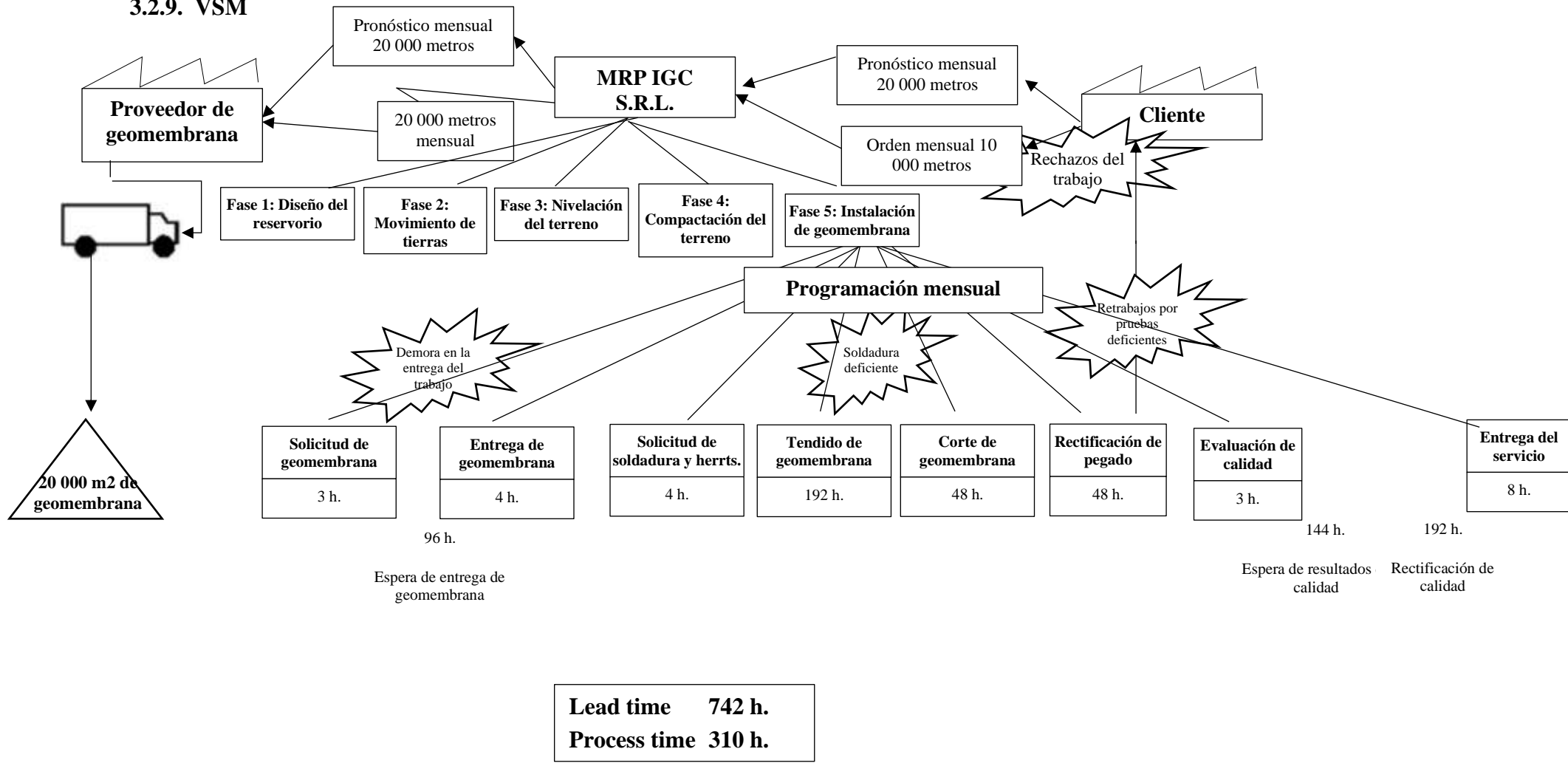
Para las demoras por defectos, se utilizó la ecuación 2, y sus resultados se muestran en la tabla 12.

Tabla 12  
*Demoras por metros observados para reinstalar de geomembrana HDPE.*

<b>Mes</b>	<b>Metros observados</b>	<b>Demoras</b>
Enero	122	1830
Febrero	145	2175
Marzo	138	2070
Abril	126	1890
Mayo	95	1425
Junio	118	1770
Julio	123	1845
<b>Total, de demoras en minutos</b>		<b>13005</b>

Las demoras por defectos ascienden a 13 005 minutos desde enero hasta julio del 2020.

**3.2.9. VSM**



### 3.2.4. Resumen de los indicadores actuales

Tabla 13  
*Comparativo de los indicadores.*

Variable	Dimensiones	Indicador	Valor actual
<b>Variable Dependiente: Nivel de servicio.</b>	Sobretiempo	Nivel de servicio	70.50 horas
		Demora de entrega	493.34 horas/7 meses
		Meses estudiados	7
<b>Variable Independiente: Lean Service</b>	Desperdicios Lean	Esperas	1 hora con 15 minutos
		Defectos	867 metros de geomembrana
		Cantidad de metros observados	123.86 metros
		Demoras en defectos	13005 minutos
		Tiempo promedio por metro cuadrado	15 minutos

### 3.3. Selección y aplicación de la herramienta Lean Service adecuadas a los problemas identificados

Las herramientas Lean Service se eligieron de acuerdo a las causas de los dos problemas principales, que se detallan en la tabla 14.

Tabla 14  
*Herramientas a utilizar por causas principales.*

Desperdicio	Causas que representan el 80%	Opción de mejora	Justificación
Altos tiempos de espera	Rechazos de pegado por inadecuada calidad	Pilares TPM (mantenimiento autónomo y mantenimiento planificado), Plan de calidad	Con el plan de calidad se va a verificar constantemente la presión de pegado, reduciendo los rechazos y justificando el pegado a tiempo. Además, con el control de parámetros, se verifica la temperatura de pegado para optimizar este proceso.
	Falta de cumplimiento de pruebas destructivas	Pilares TPM	Con el pilar mantenimiento autónomo del TPM se verificará diariamente el adecuado funcionamiento de la soldadora de cuña caliente.
	Compra de equipos de marcas no garantizadas	Plan de calidad	En el plan de calidad, se especifica los equipos más adecuados para trabajar en continuo y bajo condiciones mineras.
	Desorden en el área de trabajo	5S, Kanban	A través de sus ítems orden y limpieza, se va a reducir esta causa.
	Falta de mantenimiento de los equipos	Pilares TPM	Los equipos empleados no son sofisticados, ni poseen gran tamaño, y al adquirirlos sólo vienen con manual de uso, mas no con programa de mantenimiento, sin embargo, en el plan de calidad se ha establecido criterios de operación para optimizar su funcionamiento.

	Clima adverso	-	
	Falta de equipos para ensayos de calidad	Plan de calidad	En el plan de calidad, se especifica los equipos más adecuados para trabajar en continuo y bajo condiciones mineras.
	Inadecuada calibración	Pilares TPM	En el plan de calidad se ha establecido la adquisición de equipos calibrados, para garantizar el funcionamiento óptimo del equipo.
Altos defectos	Desorden en el área de trabajo	5S	A través de sus ítems orden y limpieza, se va a reducir esta causa.
	Falta de cumplimiento de programación de ensayos destructivos y no destructivos	Eventos Kaizen – control de parámetros	Mediante los eventos Kaizen, se verificará los cumplimientos de las programaciones, además con el control de parámetros, la vida útil del equipo se extiende.

### 3.3.1. 5S en la zona de trabajo

#### Seiri - Separar

No conservar en la zona de operaciones los productos que no son necesarios.

Los artículos que se encuentran desordenados, se procedieron a separar dichos artículos en una zona roja para luego listarlos y coordinar con cada responsable de área para tomar una decisión respecto de dichos artículos. Se acordó que esta área debe de quedar limpia en un mes.



Figura 11. Zona roja para separar productos no necesarios en el área de trabajo.

Tabla 15

Listado de artículos en zona roja.

Ítem	Artículo	Cant.	Und.	Responsable	Acción
1	Empaques de soldadura	4	Und	Jefe de almacén	Retirar
2	Envases de lubricante del generador	6	Und		Retirar
3	Envases de combustible del generador	13	Und		Retirar
4	Residuos de geomembrana	4	Baldes		Retirar
5	Zapatos de seguridad	6	Und		Ubicar en almacén
6	Arnés	3	Und		Ubicar en almacén
7	Señales de metal	4	Und		Descartar

En la zona mostrada en la figura 11, se ubicarán: los productos defectuosos para devolución, guardar artículos de manera provisional, artículos para consulta; los

cuales deben estar debidamente identificados cada uno con la etiqueta mostrada en la figura 12:

**FICHA PARA ZONA ROJA**

**FECHA:** .....

**ARTÍCULO:** .....

**TRAIDO POR:** .....

**MOTIVO:**  
.....  
.....

**ACCIÓN:** .....

**RECIBIDO POR:** .....

Figura 12. Ficha para zona roja.

### Seiton - Ordenar:

La ubicación de los productos se ha determinado mediante la clasificación ABC de acuerdo a su mayor rotación. Sin embargo, es necesario realizar las siguientes mejoras:

- Codificar los productos inmediatamente después de recibirlos.

Para solucionar los problemas de desorden y extravío dentro de operaciones, se tomó nota de las familias que estaban ubicadas en cada una de las divisiones de los dos containers que abarcan el almacén en operaciones, las herramientas se muestran en la tabla 16.

Tabla 16  
*Procedimiento de almacenamiento y control de inventarios.*

<b>Familia</b>	<b>Código</b>
Herramientas	HERA
Aditivo, Pintura y Productos Químicos	CIVA
Acero, Pernería y Equipos de Corte	CIVB
Maderas y Placas	CIVC
Accesorios Eléctricos	ELEA
Cables	ELEC
Equipo de protección personal	EPP
Botiquines	IPAA
Accesorios Médicos	IPAB
Extintores	ICIA

- Guardar los productos, en la ubicación correspondiente: Seguidamente de ordenar los productos según su requerimiento, y distintos factores de evaluación. Se elaboró el formato de auditoría realizado con el objetivo de evaluar el proceso de implementación de la segunda “S”, como se aprecia en la figura 13.

Fecha	Elaborado	Revisado	Aprobado
22/12/2020			

Área: Operaciones

Auditor: \_\_\_ Investigador \_\_\_

Leyenda				
0	No cumple			
5	Cumple, pero con observaciones			
10	Cumple			
CAT	ASUNTO	ANTES	ACTUAL	OBSERVACIONES
SEITON (Ordenar)	¿El área está debidamente identificada?	0	10	Se asignó una zona para los productos que no son necesarios.
	¿Se encuentran todos los objetos colocados en su sitio?	5	10	
	¿Es fácil visualizar donde se encuentra cada objeto?	5	10	Se ha clasificado los productos por familias.
	¿La ubicación de los objetos reduce el tiempo en desplazamiento?	0	5	Los objetos al ser ordenados se ubican con mayor rapidez.
	¿Se almacena el material rechazado en una zona destinada para ello?	0	10	Se asignó la zona roja.
	¿Existen lugares marcados para todo el material que llega o sale de operaciones?	5	10	
	¿Los pasillos están debidamente señalados?	0	5	Se está realizando la señalización dentro del almacén.
TOTAL,		15	60	Máximo= 70
RESULTADO:	Se incrementó de 15 puntos a 60.			
CONCLUSIÓN:	Esta metodología está en proceso de mejora.			
RECOMENDACIÓN:	Mejorar hasta llegar a los 70 puntos.			

Figura 13. Auditoria Seiri (Clasificar).

### Seiso - Limpieza:

Se definió dos tipos de limpieza:

- Limpieza diaria: abarca el ordenamiento del área de operaciones y recojo de material de desechado, paños usados, plásticos, etc. Lo debe realizar el asistente de supervisión al finalizar sus labores diarias. El jefe de operaciones debe dejar ordenada, toda la documentación procesada en el día como órdenes, guías de remisión, antes de retirarse.
- Limpieza mensual: se realizará por el jefe de operaciones y el asistente conjuntamente, abarca el ordenamiento general de todos los productos existentes. Con el objetivo de que la zona de operaciones se encuentre ordenado, esto genera que el inventariado sea rápido y preciso. Además, se verifica si hay productos dañados, y se informe a administración, el cronograma se muestra en la tabla 17.

Tabla 17  
*Cronograma de limpieza.*

Mes	Tarea	Ubicación	Responsable	Fecha de Limpieza
	Limpieza de Estanterías			
	Limpieza del Anaquel			
Mes 1, Mes 2,	Limpieza de los Suelos			
Mes 3...	Cambio de las Señalizaciones			
	Limpieza de las Oficinas			

### - Manual de Limpieza:

**Objetivo:** establecer las normas o disposiciones que forman los lineamientos del plan de limpieza, con el fin de mantener los espacios de trabajo libres de posibles focos de contaminación, prevenir condiciones de insalubridad que pueda afectarnos y disponer de un área de trabajo limpio, saludable y seguro con el fin de conseguir un mejor aprovechamiento del espacio.



**Alcance:** Entran dentro del alcance de este procedimiento todas las personas que pertenecen al área operativa de la empresa.

**Responsables e involucrados:**

- El jefe de operaciones velará por el correcto cumplimiento de este procedimiento y realizará revisiones específicas en el área de su responsabilidad.
- El jefe de operaciones elaborará un plan mensual de acción sobre esta materia, asimismo es la responsable de transmitir a sus trabajadores las normas de orden y limpieza que deben cumplir y fomentar buenos hábitos de trabajo.
- El jefe de almacén deberá realizar las inspecciones de orden y limpieza del área correspondiente, como mínimo una vez a la semana:

Todo el personal deberá mantener limpio y ordenado su entorno de trabajo y cumplir con las normas de orden y limpieza

**Definiciones:**

- Orden, limpieza y mantenimiento Suciedad: es cualquier cuerpo extraño indeseado depositado en una superficie, dicho cuerpo puede ser de origen orgánico e inorgánico.
- Agentes generales de la suciedad: Partículas sueltas finas lo suficientemente pequeñas que pueden flotar por el aire, como el polvo.

**Tipos de limpieza:**

- La salida y vía de circulación del área deberá permanecer libre de obstáculos de forma que sea posible transitar por dicha área en todo momento.

- El lugar de trabajo y sus respectivos equipos se limpiarán diariamente y siempre que sea necesario para mantenerlo en todo momento en condiciones higiénicas adecuadas.
- Se eliminarán con rapidez los desperdicios, que puedan originar accidentes o contaminar el ambiente de trabajo
- La periodicidad de la limpieza dependerá del tipo de lugar de trabajo y de su utilización. Como indicación, las zonas de paso y las vías de circulación deben limpiarse al menos una vez por día.
- El primer objetivo de la limpieza es la higiene; la limpieza consiste en eliminar una superficie sucia que retiene microorganismos.

#### **Descripción de funciones**

- El Programa de limpieza deberá ser autorizado por la jefa del área de operaciones en quien se delega la responsabilidad del cumplimiento de dicho Programa.
- El jefe de operaciones delega a un líder por fechas todo lo relacionado con higiene, deberes y responsabilidades señaladas en este manual.
- Este líder encargado tendrá la autoridad para solicitar la colaboración de los demás integrantes del área, así como para ejercer la supervisión de las tareas realizadas
- El líder encargado debe supervisar dentro del área:
  - El estado de los pisos, paredes, etc.
  - El estado higiénico del inmueble
  - Los procedimientos de limpieza
  - El manejo y disposición de basura

- Las inspecciones y muestreos periódicos.

### **Programa de limpieza**

Un plan de acción anual para la mejora del orden y la limpieza en nuestro lugar de trabajo será motivo de especial interés de nuestra área para controlar este tema, así como los riesgos convencionales de golpes, choques y caídas en las superficies de trabajo y de tránsito, sensibilizando e informando a todo el personal definiendo objetivos concretos y estableciendo los controles necesarios sobre su cumplimiento.

El desarrollo de una acción preventiva en esta materia requiere el cumplimiento de las normas generales. Se aplicará el cuestionario de revisión del orden y limpieza por el líder encargado y con la frecuencia establecida, obteniendo la calificación correspondiente. Los resultados de dichas revisiones se colocarán periódicamente en un Excel destinada a temas de prevención y calidad, a fin de que todo el personal los pueda conocer. Se procederá a la limpieza general del lugar de trabajo, por lo cual se recomiendan los siguientes pasos:

1. Cada empleado es responsable de mantener limpia y ordenada su zona de trabajo y los medios de su uso: EPPS y ropa de trabajo, sus herramientas, materiales y otros asignados específicamente a su custodia.
2. Los empleados no pueden considerar su trabajo terminado hasta que las herramientas y medios empleados, resto de equipos y materiales utilizados estén recogidos y trasladados en su respectivo lugar o montón de desperdicios dejando el lugar y área limpios y ordenados.

3. Los derrames de líquido, sólidos y otros productos se limpiarán inmediatamente.
4. Las herramientas, medios de trabajo, materiales, suministros y otros equipos nunca obstruirán los pasillos y vías de comunicación dejando aislada alguna zona de la sección.
5. El área de trabajo y servicios sanitarios comunes a todos los empleados serán usados de modo que se mantengan en perfecto estado.
6. No deben almacenarse materiales de forma que impidan el libre acceso a los extintores de incendios.
7. Los materiales almacenados en gran cantidad sobre pisos deben disponerse de forma que el peso quede uniformemente repartido.
8. No se deben colocar materiales y útiles en lugares donde pueda suponer peligro de tropiezos o caídas sobre personas, máquinas o instalaciones.
9. Las operaciones de limpieza se realizarán en los momentos, en la forma y con los medios más adecuados.
10. Diariamente se procederá a la limpieza general del lugar del trabajo, con recursos ajenos cuando el servicio esté externalizado o con los propios recursos (personal que tenga asignada esta función) cuando no lo esté.
11. Una vez finalizada la tarea que se está desarrollando, se deberá:
  - Dejar todos los útiles y equipos de trabajo en su lugar correspondiente.
  - Comprobar su buen estado, notificando cualquier anomalía a la jefa del área o procediendo a su subsanación, si corresponde.
  - Dejar la zona limpia de derrames
  - Depositar los desperdicios o residuos en los lugares indicados.

12. Con objeto de despejar las superficies de tránsito:

- Se habilitarán zonas de almacenamiento, bajo un criterio de ubicación ordenada e identificada, para aquellos equipos, control documentario, muestras de materias primas, etc. que no sean necesarios para el desarrollo de la tarea habitual.
- Cada año, el jefe de almacén hará una valoración de los materiales y equipos en el área para decidir cuáles de ellos son necesarios y cuáles pueden almacenarse.

13. El jefe de operaciones, realizará trimestralmente una revisión de Orden y Limpieza de cada una de las zonas de su responsabilidad, de acuerdo al cuestionario, obteniendo la calificación correspondiente. El resultado de dichas revisiones se colocará en un Excel, por el responsable, con el fin de que todo el personal del área los conozca.

14. Con el fin de gestionar correctamente este procedimiento es imprescindible facilitar la sensibilización, formación, información y participación de todo el personal para mejorar los procedimientos de trabajo, fomentar la creación de nuevos hábitos, implantar con rigor lo establecido con el fin de conseguir un entorno agradable y seguro en el centro de trabajo. Para ello se actuará mediante unas acciones fundamentales, estableciendo una serie de normas que son las siguientes:

a) Eliminar lo innecesario y clasificar lo útil

- Se facilitarán los medios para eliminar lo que no sirva
- Se establecerán criterios para priorizar la eliminación y se clasificará en función de su utilidad.

- Se actuará sobre las causas de acumulación.

Para ello se adoptarán las siguientes normas de seguridad (ver tabla 18):

Tabla 18

*Normas de seguridad para localizar productos.*

<b>Normas de Seguridad</b>
Clasificación de los materiales y equipos existentes, previa realización de una limpieza general.
Eliminación diaria de residuos.
Análisis, eliminación y control de las causas de generación y acumulación de materiales, equipos y residuos.

b) Acondicionar los medios para guardar y localizar el material fácilmente

- Se guardarán adecuadamente las cosas en función de quién, cómo, cuándo y dónde se haya de encontrar aquello que se busca. Cada emplazamiento estará concebido en función de su funcionalidad y rapidez de localización.
- Se habituará al personal a colocar cada cosa en su lugar y a eliminar lo que no sirve, en los cajones y lugares adecuados, de forma inmediata.

Para ello se adoptarán las siguientes normas de seguridad (ver tabla 19):

Tabla 19

*Normas de seguridad para guardar productos.*

<b>Normas de Seguridad</b>
Se asignará un sitio para cada cosa y se procurará que cada cosa este siempre en su lugar.
Se delimitarán las zonas y se señalizará donde se ubica cada cosa.

c) Evitar ensuciar y limpiar después

- Eliminar selectivamente y controlar todo lo que pueda ensuciar
- Organizar la limpieza del lugar de trabajo y de los elementos clave con los medios necesarios

- Aprovechar la limpieza como medio de control del estado de los útiles de trabajo. Para realizar estas actuaciones se apuntan las siguientes normas de seguridad (ver tabla 20):

Tabla 20

*Normas de seguridad para limpieza.*

<b>Normas de Seguridad</b>
Siempre que se produzca algún derrame (por menor que sea la cantidad), se limpiará inmediatamente y se comunicará al responsable directo.
No se usarán disolventes peligrosos, ni productos corrosivos en la limpieza de los suelos, para evitar los peligros que generan estos productos.
Se utilizarán ceras o productos antideslizantes.
Se controlarán especialmente los puntos críticos que generen suciedad.

d) Favorecer el orden y la limpieza: Se procurará que el entorno favorezca comportamientos adecuados y seguros.

- Se procurará que el entorno facilite la evacuación del personal ante una eventual situación de emergencia.
- Se subsanarán las anomalías con rapidez
- Se normalizarán procesos de trabajo acordes con el orden y la limpieza. Para realizar estas actuaciones se apuntan las siguientes normas de seguridad, mostrada en la tabla 21:

Tabla 21

*Normas de seguridad para orden y limpieza productos.*

<b>Normas de Seguridad</b>
No se apilarán ni almacenarán materiales o equipos en zonas de paso o de trabajo. Se retirarán los objetos que obstruyan el camino
Se procurará la limpieza de ventanas para que no dificulten la entrada de luz natural.
Se usará la ropa de trabajo adecuada.
La limpieza de las ventanas se realizará sólo por empresas de limpieza que adoptarán las pertinentes medidas de seguridad frente al riesgo de caída a distinto nivel.

e) Gestionar adecuadamente el procedimiento: Los apartados anteriores requieren crear y consolidar hábitos de trabajo correctos. Para convertir en hábitos la organización, el orden y la limpieza es necesario:

- El apoyo firme de una dirección visiblemente involucrada y explícitamente comprometida en la consecución de tales objetivos.
- La asignación clara de las tareas a realizar y de los involucrados en la ejecución de las mismas.
- La integración, en las actividades regulares de trabajo, de las tareas de organización, orden y limpieza, de modo que las mismas no sean consideradas como tareas extraordinarias, sino como tareas ordinarias integradas en el flujo de trabajo normal.
- La asunción de responsabilidades y funciones por parte del responsable directo y todo el personal con mando directo de la vigilancia del cumplimiento de este procedimiento, sin admitir ni tolerar incumplimientos no justificados.

Se mantendrán los cuestionarios para la revisión y los informes resultantes del cumplimiento como registro del cumplimiento de las normas del presente procedimiento y para la valoración de su eficacia.

### **Normas básicas de orden y limpieza**

Con el fin de gestionar correctamente este procedimiento es imprescindible facilitar la sensibilización, formación, información y participación de todo el personal para mejorar los procedimientos de trabajo, fomentar la creación de nuevos hábitos e implantar lo



establecido en el éxito de conseguir un entorno agradable y seguro en el centro de trabajo.

### Seiketsu – Estandarizar

Se elaboró el documento para la realización de auditorías que midan el cumplimiento de la metodología 5S, cuyos resultados deben ser publicados en un lugar visible. En el caso de que la puntuación obtenida sea menor al 70% se deberá programar una revisión y/o capacitación (ver figura 14).

AUDITORÍA 5S						
Área:	Realizado por:					TOTAL
Fecha:	Puntuación					
	Mín 1	2	3	4	Máx 5	
<b>Seiri – Separar</b>						
Hay productos que no pertenecen a operaciones		2				
Hay productos en mal estado		2				
Hay productos en pasadizos		2				
Hay productos sin ubicación		2				
<b>Sub Total</b>		<b>8</b>				
<b>Seiton – Ordenar</b>						
Hay productos fuera de su ubicación		2				
Hay productos sin codificar		2				
Los productos, equipos y maquinarias están ordenadas		2				
La documentación está ordenada		2				
<b>Sub Total</b>		<b>8</b>				
<b>Seisu – Limpiar</b>						
Pisos			3			
Estanterpia			3			
Se cumplen fechas – horas			3			
<b>Sub Total</b>			<b>9</b>			
<b>Seiketsu - Estandarizar</b>						
Todos conocen el método 5S	1					
Todos conocen los objetivos	1					
Documentos del método están actualizados	1					
<b>Sub total</b>	<b>3</b>					
<b>Shitsuke – Disciplina</b>						

Todos cumplen sus responsabilidades			3			
Se realizan las auditorías periódicamente			3			
Autodisciplina			3			
Compromiso			3			
<b>Sub total</b>			<b>12</b>			
<b>Total</b>				<b>40</b>		

Figura 14. Formato de auditoría 5S.

- **Procedimiento de auditoría 5S:**

**Objetivo**

Establecer una rutina mensual de inspección de las áreas operativas.

**Alcance**

Aplica para el área de operaciones.

**Responsabilidades**

El jefe de operaciones es responsable de cumplir este procedimiento y obtener un mínimo de 98 % de calificación. La gerencia es responsable de entrenar al jefe de operaciones para el correcto cumplimiento de este procedimiento y de gestionar las actividades necesarias para obtener un mínimo de 98 % de calificación.

**Actividades**

El almacenista de la empresa utiliza el formato especificado en la figura 18, como guía para confirmar mensualmente el estado de las condiciones establecidas por 5S para el almacén. Para el adecuado registro de la información solicitada.

### Lista de distribución

Tabla 22  
*Distribución de metodología 5S.*

Área	Número de copias físicas
Operaciones	1
Gerencia	1

### Shitsuke- Disciplina:

En esta S, se ha de buscar generar la autodisciplina en el personal, para lo cual en una etapa inicial las auditorias deben ser frecuentes no sólo para hacer una calificación sino también para apoyar en la solución de problemas o aporte de ideas que contribuyan a que este método se haga sólido y perdure en el tiempo.

### 3.3.2. Aplicación de Eventos Kaizen

- Involucramiento a los colaboradores

Se llevó a cabo la explicación al personal de la definición del Kaizen, sus beneficios y los objetivos de la herramienta (ver tabla 23). Esta primera parte es importante para situar a todos los participantes en el mismo enfoque de la empresa y sensibilizar sobre la mejora en la cultura de organización.

Tabla 23  
*Ficha de capacitación de eventos Kaizen.*

Ficha de capacitación de eventos Kaizen		
Empresa Innovación y Geosintéticos y Construcción SRL	En	
<b>Nombre del proyecto</b>	de	Implementación de Lean Service para reducir los tiempos de mantenimiento, en el taller de la empresa Innovación En Geosintéticos y Construcción SRL
<b>Nombre de capacitación</b>	de	Introducción al evento Kaizen de la filosofía Lean Service
Contenido Temático		
Audiencia	Tema	Contenido
Todo el personal	Eventos Kaizen	Concepto de las ideas Kaizen
		Beneficios
		Formato de sugerencia eventos Kaizen
		Evaluación de ideas Kaizen

- Identificación de oportunidades de mejora

Se busca que el personal desarrolle ideas de mejoras para hacer eficiente los procesos que se han suscitado anteriormente, esto se llevó a cabo mediante el formato para sugerencias de eventos kaizen. Del cual el personal participa, se involucra y trabaja en equipo, para elaborar y elegir las mejoras ideas para agilizar el flujo de trabajo y dar solución a las causas de los problemas. Con el equipo de mejora Lean Service se realiza la evaluación de cada idea de mejora que aportó el personal en base al diagnóstico previo al estudio, para eso se aprueba o desaprueba la idea de mejora, en caso de no dar solución al problema, el equipo de mejora Lean propone nuevas ideas de mejora.

<b>Innovación en Geosintéticos y Construcción S.R.L.</b>	<b>Formato para sugerencia de evento Kaizen</b>	<b>Evento kaizen N° ____</b>
	Nombre: _____	
Cargos: _____		
<b>Propósito de la sugerencia:</b>		
<input type="checkbox"/> Seguridad y ergonomía	<input type="checkbox"/> Mejoramiento en equipo	<input type="checkbox"/> Productividad <input type="checkbox"/> Orden y aseo
<b>MI sugerencia es:</b>		
<b>Fecha:</b> _____		<b>Firma:</b> _____
* Si es necesario, utilizar el revés del formato para complementos o dibujos.		
<input type="checkbox"/> Aprobado		<input type="checkbox"/> Desaprobado

Figura 15. Formato de sugerencia Kaizen.

- Elaboración del formato de programación mensual:

No existe un control de la programación de los servicios diarios que realiza la empresa y por esto ocurre el cruce de información y sobrecarga de trabajo, debido a esto se propuso la elaboración de un formato de “Programación de servicios mensuales”.

Con la elaboración de este formato, se registrará y controlará la programación que se realiza, con el fin de determinar la cantidad de trabajos diarios, la fecha y hora programada y las zonas donde se ejecutará dichos servicios.

Para los servicios de mantenimiento solicitados se considerará como tiempo normal a la intervención del servicio como un plazo máximo 48 horas recibida la orden de servicio, sin embargo, los clientes que se consideren en caso de urgencia sea por inspección o pasado los 12 meses del mantenimiento programado se considerará como urgente que tendrá una intervención de un plazo de 24 horas.

La estructura del formato se encuentra de la siguiente manera:

- Mes y año
- Distribución de Lunes a sábado, con anotación de fecha diaria.
- Hora del servicio.
- Siglas del servicio:
  - MT: Mantenimiento
  - IT: Instalación
  - DT: Desinstalación
  - AT: Asistencia

Tabla 24  
*Programación de Servicios Mensuales.*

Innovación En Geo sintéticos y Construcción SRL		PROGRAMACION DE SERVICIOS DE INSTALACION DE GEOMEMBRANA			
		MES: _____	Año: _____		
LUNES: .....	MARTES: .....	MIERCOLES: .....	JUEVES: .....	VIERNES: .....	SABADO: .....
(hora)	(hora)	(hora)	(hora)	(hora)	(hora)

---



---



---

LUNES: .....	MARTES: .....	MIERCOLES: .....	JUEVES: .....	VIERNES: .....	SABADO: .....
(hora)	(hora)	(hora)	(hora)	(hora)	(hora)

---



---



---



---



---



---

LUNES: .....	MARTES: .....	MIERCOLES: .....	JUEVES: .....	VIERNES: .....	SABADO: .....
(hora)	(hora)	(hora)	(hora)	(hora)	(hora)

---



---



---



---



---



---

LUNES: .....	MARTES: .....	MIERCOLES: .....	JUEVES: .....	VIERNES: .....	SABADO: .....
(hora)	(hora)	(hora)	(hora)	(hora)	(hora)

---



---



---

Leyenda:

- MT: mantenimiento
- IT: instalación
- DT: desinstalación
- AT: asistencia técnica

- Procedimiento para la soldadura de geomembrana

En función del mecanismo de generación de calor en la interfaz de soldadura, los métodos de soldadura para termoplásticos pueden clasificarse como métodos de calentamiento externo e interno.

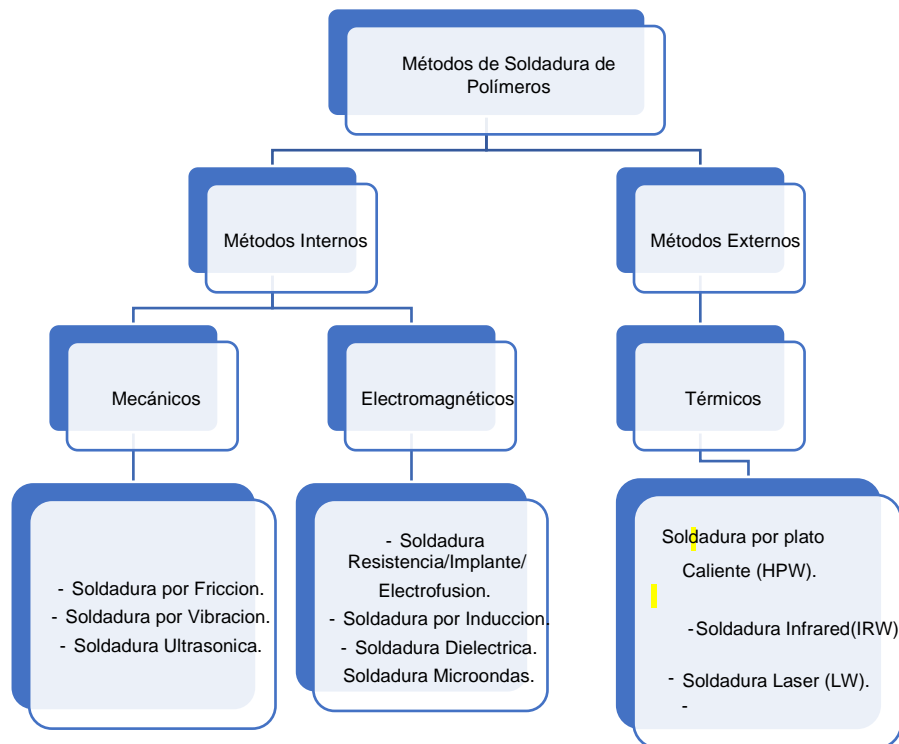


Figura 16. Diagrama de tipos de Soldadura Plástica.

Para la soldadura de Geomembrana se utilizan 2 métodos de soldadura dependiendo de la necesidad de la unión, los 3 métodos son:

1. Cuña Caliente (HWW).
2. Soldadura por Extrusión (EW).

Cuña caliente (HWW)

Este sistema de soldadura se utiliza básicamente con las máquinas automáticas para soldadura de lámina de PE y PVC. El calentamiento de la lámina en este tipo de soldadura es por contacto entre la cuña y la geomembrana, por lo que hay una transmisión directa del calor, por este motivo se necesita menos temperatura.

La unión en caliente con cuña es un proceso eficiente para producir patrones de soldadura rectos o redondeados para muchas configuraciones diferentes de productos. También es ideal para materiales de mayor longitud, y muchas industrias pueden usar este proceso para conectar grandes piezas de telas

revestidas debido a su confiabilidad. Dos piezas de material previamente selladas pueden usar soldadura de cuña caliente para fusionar a una tercera capa, pero este proceso no puede fusionar más de dos superficies a la vez, tal como se muestra en la figura 21.



*Figura 17.* Soldadura de geomembrana.

Usando una prensa de cuña caliente rotativa, la soldadura de cuña caliente puede fabricar productos tridimensionales de diferentes longitudes, anchuras, patrones y tipos de costura. Muchas industrias utilizan este proceso para crear productos de contención, incluyendo:

- Inflables
- Tanques de almohada
- Bolsas de contención de aire y líquidos.
- Tanques de almacenamiento de agua
- Bolsas de almacenamiento de combustible
- Almohadas neumáticas



El ancho de las costuras en todos los productos es típicamente alrededor de la misma medida que los rodillos, en cualquier lugar desde aproximadamente 1/4 " a 1 ". Es posible que la cuña sea más ancha que los rodillos.

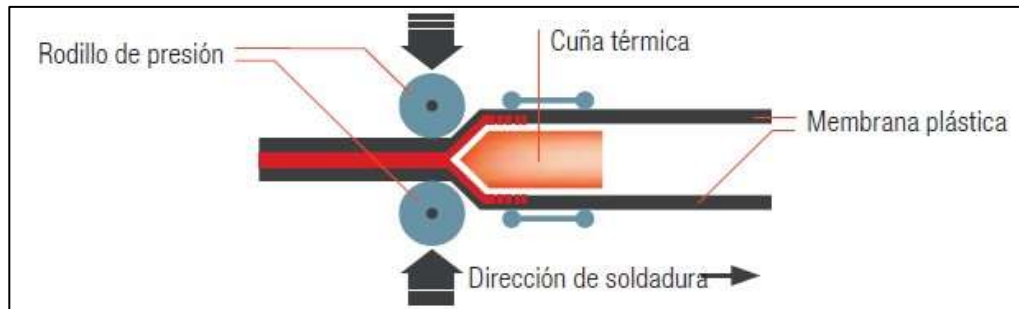


Figura 18. Esquema de soldadura en cuña.



Figura 19. Soldadura en cuña.

### Selección de parámetros

La calibración de la cuña depende del espesor de la lámina de soldar y es uno de los factores más importantes para obtener una soldadura de buena calidad. Tal es así que aun cuando los parámetros de soldadura (temperatura y velocidad) estén bien seleccionados, una mala calibración producirá una soldadura deficiente.

El procedimiento de calibración recomendado, antes de calentar la cuña, se describe brevemente en los puntos siguientes:

- Ajuste de los rodillos de tracción.

Esta calibración determina la presión de contacto entre las dos láminas que están soldando. Para realizar este ajuste, primero se deben ubicar dos trozos

se lámina de ½" x 2" del material a soldar entre los rodillos de tracción y luego accionar la leva apretadora de la cuña a la posición correspondiente según el espesor del material. El ajuste debe ser sin holguras y permitir accionar suavemente la leva apretadora, sin necesidad de movimientos forzados y de manera tal que las marcas de los rodillos sobre la lámina sean simétricas y de igual profundidad cada huella del cordón de soldadura.

- Posición de la cuña

Para la correcta ejecución de una soldadura es necesario que la cuña quede centrada entre los rodillos de tracción tanto en el sentido vertical como horizontal, siendo la distancia entre la cuña y los rodillos de tracción igual al espesor de la lámina que se está soldando.

- Regulación de rodillos locos superiores e inferiores.

Esta calibración permite controlar el proceso de transferencia de calor desde la cuña a las Geomembranas. Para el ajuste de la presión de contacto de los rodillos locos sobre la cuña se utilizan 2 trozos de 4" x 18" del mismo espesor del material a soldar. El ajuste de los rodillos locos debe ser sin holgura y sólo lo necesario para impedir el libre desplazamiento de la lámina, manteniendo la presión de contacto de los rodillos superiores igual a la de los rodillos inferiores. Después del ajuste de los rodillos locos la cuña debe mantenerse centrada entre los rodillos de tracción.

Los efectos de una mala regulación se indican en los puntos siguientes:

- Exceso de presión.

La membrana recibirá una mayor transferencia de calor por lo que su temperatura, al momento de ser soldada, será mayor que la temperatura seleccionada en el reloj controlar y se producirá una soldadura en frío.

- Poca presión.

Al contrario del punto anterior, la membrana recibirá una menor transferencia de calor por lo que su temperatura, al momento de ser soldada, será menor que la temperatura seleccionada en el reloj controlar.

- Presiones distintas rodillo superior/rodillo inferior

La geomembrana superior e inferior estará a distinta temperatura lo cual puede dificultar el proceso de unión produciendo una soldadura en frío.



Figura 20. Máquina de soldar geomembrana.

### 3.3.3. Plan de calidad

#### Objetivos

Describir el Sistema de Control de Calidad que IGC aplicará durante el proceso de Construcción del Proyecto “Construcción de reservorios mineros”.

### **Definiciones**

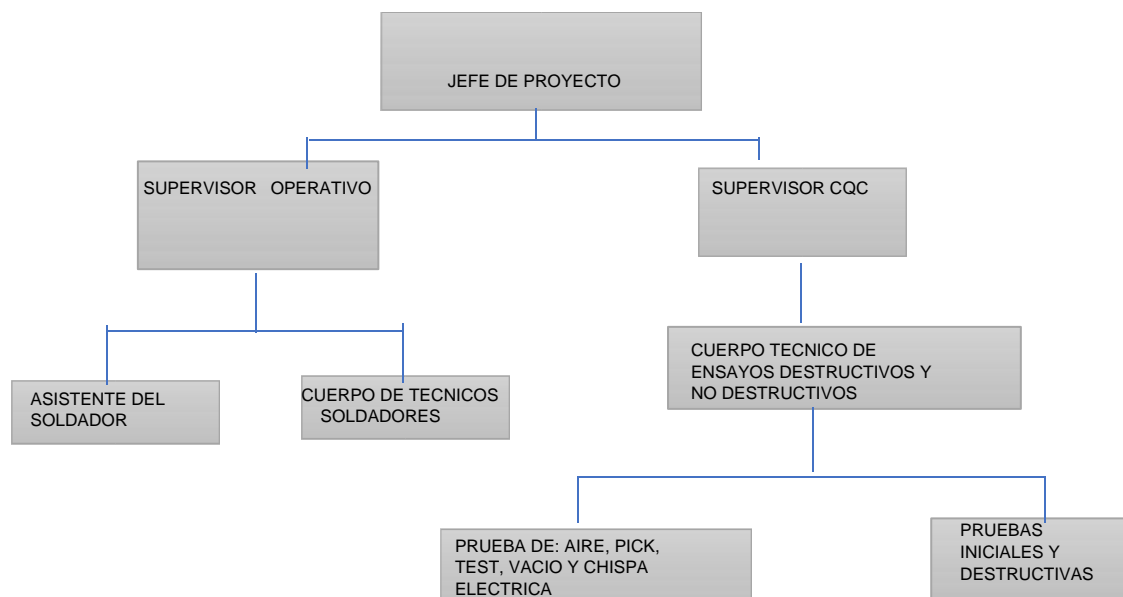
- Geomembranas: Son láminas impermeables de polímeros también denominadas poliolefinas utilizadas en sistema de fondo y de cobertura. Su función es exclusivamente la de contener líquidos y/o vapores, estas pueden ser de polietileno de alta y baja densidad (HDPE y LLDPE).
- HDPE: Polietileno de alta densidad.
- Panel: Unidad de área de geomembrana que será soldada en campo y está formada por un rollo o porción de rollo de geomembrana.
- Empalmes de Láminas de geomembrana: Se efectúa superponiendo los bordes de los paneles adyacentes y luego uniéndolos mediante algunos de los siguientes métodos llamados soldadura por fusión y extrusión.
- Soldadura por fusión o cuña caliente (ASTM D4437-08 y ASTM D6392): Soldadura por termofusión por cuña caliente que permite soldadura de geomembranas de polietileno a base de tres elementos presión, temperatura y velocidad.
- Soldadura por extrusión Soldadura por extrusión (ASTM D4437-08 y ASTM D6392): es aquella que se realiza por la aplicación de material de aporte (cordón HDPE o LLDPE de 4 o 5mm) sobre una geomembrana.
- Capas o Huincha: Se utilizan para reparaciones mayores en las que hay que reemplazar una porción importante de la geomembrana base. Tal es el caso de las reparaciones de uniones falladas, grandes arrugas, trampolines, etc. Por lo general, estas Huinchas se sueldan por Termofusión (Cuña caliente) y en los extremos se utilizan Parches para sellar.

- Beads o Gusanos: Se utiliza este tipo de reparaciones como refuerzo a la geomembrana que ha sido dañada o que presenta una deformación, pero que no presenta roturas. (En caso de cualquier rotura la reparación es un parche).
- Dossier de Calidad: Documentación que garantiza al cliente que las actividades ejecutadas en el proyecto han cumplido con los requerimientos de calidad establecidos al inicio del mismo. fecha de entrega: según la etapa que corresponda entregar al cliente.

### Política de calidad de ICG

Innovación en Geosintéticos y Construcción pone al servicio de sus clientes Tecnología y Métodos de Gestión de Calidad y Seguridad, con el fin de garantizar la plena satisfacción de nuestros clientes, manejando un sistema de gestión basado en procesos y objetivos, a través de un recurso humano comprometido. Nuestras prioridades.

### Organigrama de control de calidad



### **Responsabilidades del personal calificado**

- Jefe de Proyecto
  - Funciones
    - Coordinación directa con el Cliente para los diferentes trabajos a realizar dentro del Proyecto, fijando plazos, precios de ejecución es decir todos los aspectos del proyecto.
    - Administrar, Ajustar los Costos de Obra, Plazos, Recursos asignados al Proyecto establecidos para lograr el buen desarrollo.
    - Realizar los flujos financieros necesarios del Proyecto de acuerdo con los planes de cuentas y velar por el cumplimiento de estos.
    - Informar periódicamente al Gerente de Proyecto del estado de avance de las obras indicando los gastos y grado de avance Real v/s Presupuestado
    - Dirigir el personal a su cargo para la correcta ejecución del proyecto, teniendo en cuenta la seguridad y capacidad de los trabajadores.
    - Definir la contratación del personal necesario para el cumplimiento del proyecto.
    - Definir los requerimientos de recursos necesarios: Mano de Obra, Equipos, Herramientas y Materiales las áreas correspondientes (Adquisiciones, Administración, Etc.) de IGC para lograr el cumplimiento del Proyecto asignado.
    - Impartir, controlar y velar por el cumplimiento las normas de seguridad del proyecto.

- Apoyo técnico en la solución de problemas de terreno de acuerdo con los planos, especificaciones técnicas, normas de control de calidad, seguridad.
- Controlar el trabajo técnico y la calidad de los subcontratistas.
- Reportar al Gerente de Proyecto necesidades y problemas, tanto técnicos como administrativos en la búsqueda de la solución respectiva.
- Cumplir con las metas, plazos y costos previstos por los Programas del Proyecto.
- Supervisor de campo
  - Funciones:
    - Organizar al personal a su cargo para la ejecución de los trabajos asignados, teniendo en cuenta la seguridad y capacidad de los trabajadores.
    - Organizar la distribución de equipos, materiales e insumos a los diferentes frentes de trabajo.
    - Reportar al Jefe de Proyecto respecto de avances, necesidades y problemas técnicos de obra.
    - Apoyo técnico en a la solución de problemas de terreno de acuerdo a su capacidad.
    - Detección y solicitud de necesidades de materiales e insumos para el desarrollo continuo de los trabajos
    - Responsable de todos los trabajos y que estos se lleven a cabo de acuerdo con los planos, especificaciones técnicas y normas de Control de Calidad.
    - Cuidado y verificación de normativa de prevención de pérdidas

- Cumplir con las metas, plazos y costos previstas en el proyecto y dispuesta por sus superiores.
- Supervisor de control de calidad (QC)
  - Funciones:
    - Coordinar con el Supervisor de terreno la metodología de avance para el correcto desarrollo del proyecto.
    - Organizar al personal de control de calidad para los distintos trabajos y correcto desarrollo del proyecto.
    - Controlar el fiel cumplimiento de las normas de control de calidad por el personal a su cargo
    - Verificación de todos los ensayos destructivos y no-destructivos de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto.
    - Velar por la correcta ejecución de todas las pruebas de Control de Calidad requeridas (Air-test / Vacuum-Test / Spark-Test/Destructivas-No destructivas)
    - Preparar las aceptaciones Panel y Unión.
    - Revisión de los trabajos ejecutados
    - Participar en las caminatas de entrega de área
    - Preparar y entregar al Cliente todos los Formularios de Control de Calidad
    - Reportar al Jefe de Proyecto respecto de avances, necesidades y problemas técnicos.
    - Apoyo técnico en a la solución de problemas de terreno de acuerdo a su capacidad.



- Técnico soldador
  - Funciones:
    - Acatar y obedecer las instrucciones impartidas por su superior.
    - Detección de necesidades y solicitud de materiales e insumos para el desarrollo continuo de los trabajos.
    - Desarrollar los trabajos de acuerdo con los planos, especificaciones técnicas y normativas de control de calidad.
    - Aceptar y acatar la normativa de prevención de riesgos.
- Técnico control de calidad (QC)
  - Funciones
    - Acatar y obedecer las instrucciones impartidas por su superior.
    - Detección de necesidades y solicitud de materiales e insumos para el desarrollo continuo de los trabajos.
    - Desarrollar los trabajos de acuerdo con los planos, especificaciones técnicas y normativas de control de calidad.
    - Autonomía en cuanto a la toma de decisiones de calidad del producto con conocimiento del Supervisor de QC
    - Aceptar y acatar la normativa de prevención de riesgos.
- Asistente del soldador
  - Funciones
    - Acatar y obedecer las instrucciones impartidas por su superior.
    - Desarrollar los trabajos de acuerdo con los planos, especificaciones técnicas y normativas de control de calidad.

### **Descripción de las actividades en la instalación de geomembrana**

- Todo material que llegue a obra será recepcionado por personal de QC, el que será responsable de realizar un acta de recepción de materiales, indicando el estado general del material.
- En la descarga del material QC deberá verificar que se establezca en terreno un procedimiento de descarga de acuerdo con el equipo disponible y el tipo de transporte de origen.
- El levante y manipulación del rollo se realizarán con grúa o camión pluma mediante el uso de eslingas, evitando el arrastre y caídas de rollos.



Figura 21. *Tendido de geomembrana.*



Figura 22. *Caída de rollos.*

- La superficie donde se realizará el almacenamiento de los rollos de geomembrana debe de ser lisa y libre de elementos punzantes y/o sobre camas de arena, previo a la descarga.
- **Destructivo de fusión**
  - Se seleccionará una muestra destructiva mínimo cada 150 metros lineales de soldadura por fusión que tenga el control de calidad al 100%.
  - El ensayo destructivo consiste en tomar una muestra de la unión de soldadura efectuada en terreno de 1000 mm de largo por 300 mm de ancho con la unión en el centro para soldaduras por fusión.
  - La muestra se dividirá en tres partes iguales de las cuales el contratista y el cliente se quedarán con cada una y la tercera se realizará la prueba Destructiva.
  - La muestra destructiva que se tome en campo será marcada por el CQA del cliente.

ASTM D6392 ítem 1.1 Este método de ensayo describe el control de calidad destructiva y las pruebas de control de calidad utilizados para determinar la integridad y calidad de costuras, tanto en pruebas de pelado y cizalladura.

- **Destructivo de extrusión**

- Se seleccionará una muestra destructiva mínimo cada 150 metros lineales de soldadura por extrusión, en empalmes (Tie-in) y cada cierta cantidad de parches que tengan control de calidad al 100% y que acumulen un promedio de 150 metros lineales.
- Para soldadura por extrusión se tomará una muestra (cordón de 15000mm x 15000mm o parche cualquiera que marque el CQA del cliente) que permita dividirla en tres partes, de las cuales en una se realizara la prueba y las otras dos se quedaran con el contratista y cliente.

ASTM D6392 ítem 1.1 Este método de ensayo describe el control de calidad destructiva y las pruebas de control de calidad utilizados para determinar la integridad y calidad de costuras, tanto en pruebas de pelado y cizalladura.

**Definiciones a tener en cuenta**

- ASTM 4437 Práctica estándar para Ensayos No Destructivos (END) para determinar la integridad de costuras Utilizado en Unirse Geomembranas lámina polimérica flexibles
- ASTM D638 –10 Método de prueba estándar para la tracción propiedades de los plásticos

- ASTM D-6392 Métodos de prueba estándar para determinar la integridad de la costura de la geomembrana no reforzada, obtenidos utilizando métodos de termofusión.
- ASTM D-5820 Práctica estándar para Evaluación presurizada en Canal de Aire Dual de Costura de Geomembrana.
- ASTM D-5641 Práctica estándar para Geomembrana Seam Evaluación Al Vacío Cámara
- ASTM D-6365 Práctica estándar para las pruebas no destructivas de las costuras de geomembrana usando el ensayo de chispa las Especificaciones de Golder G1794153004D-NL001018-5129-COSPT-004 estipulados, para la instalación de Geosintéticos en Minera Barrick Misquichilca Lagunas Norte en el Proyecto “Construcción De Poza De Sedimentación Secundaria”.

Tabla 25

*Presión para prueba de aire (ASTM D5820 y ASTM D4437)*

Espesor del material		Rango de presiones					
		Mínimo		Máximo		Perdida de presión aceptable luego de 5 minutos	
		KPa	Psi	KPa	Psi	KPa	Psi
1.0 mm	40 mil	193 .1	28	241.3	35	21	3
1.5 mm	60 mil	193.1	28	241.3	35	21	3
2.0 mm	80 mil	193.1	28	241.3	35	21	3
2.5 mm	100 mil	206.8	30	241.3	35	21	3

Tabla 26  
Propiedades de la geomembrana lisa HDPE.

	Propiedad	Método de Prueba	Valor 1.0/1.5/2.0/2.5 (40/60/80/100)	Unidades mm (mil)	Frecuencia de Prueba (mínima)
a.	Espesor <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Promedio</li> <li>▪ Menor de 10 valores</li> </ul>	ASTM D 5199	1.0/1.5/2.0/2.5 (40/60/80/100) 0.90/1.35/1.80/2.25 (36/54/72/90)	mm (mil)	Por rollo
b.	Densidad (mínima)	ASTM D 1505	0.94/0.94/0.94/0.94	g/cc	20,000 lb (9,000 kg)
c.	Propiedades de tracción (mínima)	ASTM D 6693 <sup>1</sup>			20,000 lb (9,000 kg)
	Esfuerzo de cedencia	Type IV Cedencia G.L.=1.3 pulg (33mm)	15/22/29/37 (84/126/168/210)	N/mm (lbs/pulg de ancho)	
	Esfuerzo de rotura	Ruptura G.L.=2.0 pulg (50.8mm)	27/40/53/67 (152/228/304/380)	N/mm (lbs/pulg de ancho)	
	Elongación de cedencia		12/12/12/12	%	
	Elongación de rotura		700/700/700/700	%	
d.	Resistencia al desgarro (mínima)	ASTM D 1004	125/187/249/311 (28/42/56/70)	N (lbs)	20,000 lb (9,000 kg)
e.	Resistencia al punzonamiento (mínima)	ASTM D 4833	320/480/640/800 (72/108/144/180)	N (lbs)	20,000 lb (9,000 kg)
f.	Resistencia al agrietamiento por esfuerzos	ASTM D 5397, Apéndice Punto Único <sup>2</sup> (30% cedencia, 20% resistencia)	400/400/400/400	Horas	Por lote
g.	Rango de Negro de Humo	ASTM D 1603	2.0-3.0	%	20,000 lb (9,000 kg)
h.	Dispersión de Negro de Humo	ASTM D 5596	Véase nota 3	-	20,000 lb (9,000 kg)
i.	Resistencia de las costuras <sup>5</sup>	ASTM D 6392	1. ≥ 80% de resistencia a la cedencia del PM <sup>4</sup> fusión, ≥ 60% de resistencia a la cedencia del PM extrusión 2. FTB <sup>4</sup> 3. ≤ 10% de longitud lineal de pelado		Véase sección 2.6
	Desgarramiento				
	Cizallamiento				
j.	Tiempo de Inducción de Oxidación <sup>7</sup>	ASTM D 3895 ASTM D 5885	>100/>100/>100/>100 >400/>400/>400/>400	Minutos Minutos	Por lote
	a. OIT estándar, mínimo, u b. OIT Alta Presión, mínimo				
k.	Envejecimiento al horno a 85°C <sup>6</sup>	ASTM D 5721			Por cada formulación
	a. OIT estándar, mínimo (% retenido después de 90 días), u	ASTM D 3895	55/55/55/55	%	
	b. OIT a Alta Presión, mínimo (% retenido después de 90 días)	ASTM D 5885	80/80/80/80	%	

1. Los valores promedio de la dirección de la máquina (MD) y la dirección transversal de la máquina (XMD) deberán ser la base de 5 muestras de prueba respectivamente. La elongación de cedencia se calcula utilizando una distancia entre señales de 33 mm. La elongación de rotura se calcula empleando una distancia entre señales de 50.8 mm (2.0 pulgadas).
2. Curva de trazo lleno con respecto a la calidad de la nueva resina.
3. Dispersión del Carbón Negro para 10 vistas diferentes (sólo se aplica a aglomerados esféricos cercanos):
  - a. Mínimo 9 de 10 en las Categorías 1 o 2
  - b. No más de 1 vista en la Categoría 3
4. Unión del Desgarramiento de Película = FTB; Material Original = PM.
5. La prueba de resistencia a la tracción de la costura se llevará a cabo con el mismo grado de deformación que el trabajo de la prueba de resistencia a la tracción del material original (2 ipm), la unidad "ipm" significa "pulgada por minuto".
6. También es recomendable evaluar las muestras cada 30 y 60 días para compararlas con la respuesta a los 90 días.
7. El fabricante tiene la opción de elegir uno de los dos métodos de OIT señalados, para evaluar el contenido de antioxidante en la geomembrana.

Tabla 27  
*Frecuencia de ensayos Destructivos y No-Destructivos*

<b>Ensayo Destructivo y No-Destructivo</b>	<b>Frecuencia</b>
Destructivo de fusión y extrusión	Uno mínimo cada 150 metros
Pruebas iniciales	Cada 5 horas
Prueba de aire	A todas las costuras de fusión
Prueba de cuchara	A todas las costuras de fusión
Prueba de vacío	A todas las costuras de extrusión
Prueba de chispa	A todas las costuras de extrusión

### 3.3.4. Kanban de recepción

Para la implementación del Kanban, ayuda en la estandarización y en la organización de las actividades, donde cada colaborador debe de ser responsable al tomar un formato de pedido del cuadro de Kanban. Ayudará a que el colaborador sea responsable de dicha actividad, en este proceso no influye la jerarquía, si no el objetivo mutuo del área. Los pasos:

- **RECEPCION VERIFICADO SAP:** En este proceso indica que la función del colaborador o integrante del área es recepcionará el formato de pedido, realizar una revisión visual, detectando el correcto llenado del formato, incluye, fechas, horas y firma del responsable que autoriza, el colaborador tomara el formato de pedido de la columna de pedido y procederá a realizar el ingreso de la información en el sistema, donde iniciara la búsqueda del stock. Una vez obtenida a información este sobre la disponibilidad de stock, se procederá a pegarlo en la columna de recepción verificado SAP. De ser negativa la disponibilidad el formato de pedido se procederá a pegar en la columna de “Observación”.

**Recolección en el almacén:** el colaborador tomará el formato de pedido de la columna de recepción verificado SAP, y se dirigirá a los estantes donde estarán ubicados los materiales solicitados, especificados en el formato de pedido, contara la cantidad solicitada, y lo trasladara a la zona de despacho. Después se acercará al cuadro de Kanban y dejará el formato de pedido en la columna de despacho.

**Despacho:** el colaborador tomará el formato de pedido de la columna de “recolección en el almacén”, verificará la coincidencia del formato de pedido con los materiales a despachar, anunciará que el pedido está listo para despachar. El colaborador solicitará la firma de conformidad de entrega de pedido al operario. El proceso finaliza en esta etapa.

**Finalizado:** en esta columna es cuando el operario una vez que ya despacho los materiales se acerca a la pizarra del Kanban a pegar el formato en la columna de finalizado. Si el operario no llega a recoger el pedido, entonces el formato ira en la columna de “Observación”. Estas actividades se muestran en la pizarra de Kanban (ver figura 23).

#### PIZARRA DE KANBAN





RECEPCION VERIFICADO SAP	RECOLECCION EN EL ALMACEN	DESPACHO	FINALIZADO	OBSERVADO
				

Figura 23. Pizarra Kanban.

Fuente: Elaboración propia, (2021).



### 3.3.5. Mantenimiento productivo total

#### a. Mejoras enfocadas

Para las fallas constantes se han propuesto mejoras enfocadas descritas a continuación:

##### - Filtraciones por Capilaridad

Este tipo de fugas se producen cuando se ejecuta un cordón de soldadura sobre un cordón antiguo que ya se ha enfriado. El extruido, incluso caliente, es extremadamente viscoso y no fluye ni fácil ni rápidamente sobre las pequeñas hendiduras o protuberancias que se forman en un cordón de soldadura cuando este está frío.

El cordón antiguo debe ser desbastado dejando la superficie del cordón sin escalonamientos o protuberancias.

El desbastado no debe ser mayor que el ancho del nuevo cordón. Al comenzar una soldadura se debe desbastar por lo menos 10 cm. antes del término del cordón, soplar el área para limpiar de residuos y partículas remanentes, utilizar el equipo de aire caliente y precalentar el extremo del cordón antiguo antes de comenzar a soldar, comenzar a soldar sobre el cordón antiguo desde el inicio del desbastado.

##### - Parches

El parche de reparación debe extenderse 15cm. en todas direcciones desde el orificio a reparar, puede ser ovalado o bien rectangular pero siempre debe tener las esquinas redondeadas con un radio de 10cm. como mínimo.

Al cortar un parche los bordes deben quedar rectos sin irregularidades, si el parche es demasiado grande, es posible que el inicio del cordón esté frío al momento de completar la soldadura. En este caso es necesario desbastar antes de completar la soldadura tal como se describe en el punto anterior. Nunca extruir sobre arrugas o “bocas de pescado”.

- **Gusanos**

Desbastar antes de ejecutar una reparación mediante un “gusano” para defectos mayores a 7mm ejecutar un parche, nunca ejecutar un gusano al lado de otro o uno arriba de otro.



*Figura 24. Verificación de grietas.*

**b. Mantenimiento autónomo**

El mantenimiento autónomo va a realizarse diariamente por el operador, quien tiene que llenar la ficha mostrada en la tabla 28.

Tabla 28

*Mantenimiento autónomo de soldadora con cuña de calentamiento.*

<b>Ficha de inspección diaria</b>														
<b>Fecha:</b>	<b>Operador:</b>													
<b>Ítem</b>	<b>Lunes</b>		<b>Martes</b>		<b>Miércoles</b>		<b>Jueves</b>		<b>Viernes</b>		<b>Sábado</b>		<b>Domingo</b>	
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No
La velocidad de soldadura es 12 min/hora														
El calentamiento de cuña se realiza en 1 min														
La tensión se encuentra entre el rango de 220 – 240 V														
La frecuencia del equipo varía entre 50-60 Hz														
La potencia del equipo es 2800 W														
La temperatura varía entre 80 – 460 °C														

Asimismo, se realizará la inspección visual diaria por el supervisor de obra que consiste en los siguientes pasos:

- La inspección visual de la superficie de los rollos se realizará sin desenrollar menos que se sospeche de daños o defectos en el interior de esta.
- Cada rollo debe contar con su etiqueta original de fábrica en la que indique número de rollo, calidad, textura, espesor, peso, dimensiones.
- La geomembrana debe estar libre de hoyos, corte, dobleces, rajaduras y de cualquier materia extraña de adherencia permanente.
- Cada rollo debe contar con dos eslingas para su manipulación. Estas eslingas son parte del producto y no son accesorios.
- El cliente o inspector CQA determinara la dimensión de los daños y la aceptación o rechazo del área dañada.

- Por ningún motivo se deberá arrastrar o levantar los rollos con estrobos, cadenas o cordeles; solo se podrá utilizar las eslingas de capacidad superior al peso de los rollos.
- Los rollos que no cuenten con etiqueta solo se realizara su uso mediante la autorización del cliente y estando presente el CQC durante el despliegue, ya que al final del rollo se puede encontrar su identificación.
- Cada rollo debe contar con un certificado de control de calidad, emitida por el fabricante o un organismo competente, este certificado lo maneja el departamento de logística del cliente.
- Deben de ser almacenados en pilas de tres niveles y ubicados de acuerdo al plan de despliegue.
- Todos los rollos de geomembrana que no tengan la adecuada documentación del fabricante, deberán de ser almacenados en un sitio separado y no deberán ser utilizados hasta que toda la documentación haya sido recibida y aprobada por el departamento de ingeniería del cliente.

**c. Mantenimiento planificado**

Este mantenimiento lo va a realizar el mantenedor de la empresa y se toman en cuenta los aspectos mostrados en la tabla 29.

Tabla 29

*Mantenimiento planificado de soldadora con cuña de calentamiento.*

<b>Mantenimiento Planificado</b>									
<b>Código del equipo:</b>		<b>Descripción del equipo:</b>							
<b>Guardia:</b>		<b>Realizado por:</b>							
Ítem	A 250 horas de trabajo		A 500 horas de trabajo		A 750 horas de trabajo		A 1000 horas de trabajo		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
Engrase de los engranajes									
Limpieza de latón con cepillos									
Cambio de soporte lateral para el vagón									

#### d. Prevención del mantenimiento

En este pilar se pretende controlar los parámetros de los equipos, al igual que la unión por termofusión, la soldadura por extrusión depende de tres parámetros fundamentales, a ser:



a. Temperatura



b. Velocidad



c. Presión

Nota: cada parámetro puede ser determinado por separado, pero la calidad de la soldadura dependerá de elegir la combinación apropiada de los tres parámetros de acuerdo con el tipo de material, temperatura de la lámina y las condiciones ambientales.

#### - Temperatura

Existen 3 temperaturas que el operador debe controlar cuando se suelda por extrusión:

- I. Temperatura del reloj controlador.
- II. Temperatura del extruido.
- III. Temperatura de precalentamiento.

Las temperaturas se ajustan en función de las condiciones climáticas, tipo de material, temperatura y espesor de la geomembrana.

- La temperatura del Extraído: depende de la selección de la temperatura en el reloj controlador. No obstante, dada la variación en la eficiencia de cada extrusora y el efecto de variables externas tales como las condiciones ambientales y la altura sobre el nivel del mar, la relación entre ambas temperaturas no es constante ni exacta por lo que debe ser verificada midiendo la temperatura real del extruido con un termómetro de contacto. La temperatura del extruido debe ser siempre la misma +/- pequeñas variaciones. La temperatura de precalentamiento o aire es variable y se ajusta según la temperatura de la lámina.
- Temperatura de Precalentamiento: Para lograr que se produzca una soldadura, es necesario que la superficie de la lámina que va a recibir el extruido esté previamente calentada.

Esto se logra mediante el equipo de aire caliente montado en la extrusora, por lo que se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones generales:

- Sin una plastificación superficial del área a unir, la soldadura será deficiente.

- Durante todo el proceso de soldadura se deben verificar dos condiciones básicas para obtener una soldadura de la misma calidad en toda su extensión:
  - La boquilla del equipo de aire caliente siempre debe estar ubicada a la misma distancia respecto de la lámina y en forma paralela a esta.
  - El flujo de aire caliente debe ser constante sobre la lámina. El viento o variaciones puntuales en el ángulo de inclinación de la extrusora pueden producir puntos de soldadura en frío. o La temperatura de precalentamiento debe seleccionarse lo más alta posible, sin que se arrugue la lámina.
  - A mayor temperatura de la lámina, el precalentamiento debe ser menor. o A menor espesor de la lámina. Menor debe ser la temperatura de precalentamiento.
  - La acción del viento disminuye la eficiencia de precalentamiento evitando que se plastifique la lámina. En este caso, es posible aumentar la temperatura, pero de preferencia se debe ubicar una estructura que evite la acción directa del viento sobre el área de soldadura.
  - Si la temperatura de la lámina es muy alta, se puede dar el caso que no se necesario precalentar por lo que es recomendable cortar el aire caliente y dejar funcionando solo el soplador para mantener limpia el área a soldar.

Tabla 30

*Parámetros de temperatura para extrusoras.*

Material	Temperatura de la mesa (°C)	Temperatura de aire caliente (°C)	Flujo de aire (l/min)
PE-HD	210 - 230	210 – 300	>300
PP	230 – 240	210 – 300	>300
PVC-U	190 – 210	280 – 320	>300
PVC-C	195 – 205	300 – 360	>300
PVDF	240 – 260	280 – 350	>300

Los parámetros que se entregan en la tabla 30, son referenciales sobre el punto de partida para calibrar la extrusora y no representan necesariamente una condición exacta.

- **Velocidad y presión de colocación del extruido**

Estas dos variables están directamente relacionadas con el diseño de la cavidad del zapato de teflón, tanto en forma como en dimensiones, y el ángulo de inclinación de la extrusora.

Es por esta razón que de preferencia se deben ocupar los zapatos originales y no utilizar zapatos modificados o que presenten desgaste excesivo.

Para que se produzca la correcta combinación de presión y velocidad se deben verificar las siguientes condiciones:

- Utilizar un zapato de teflón según el espesor del material que se está soldando (la altura de la cavidad del zapato debe ser 2 a 3 veces el espesor de la lámina) ✓ La velocidad de aplicación del extruido debe ser constante.



- La inclinación de la extrusora debe permitir que la sección transversal del cordón de soldadura sea igual a la cavidad del zapato con su correspondiente rebarba.

Al inclinar demasiado la extrusora se producirá un cordón muy delgado y sin rebarba; lo cual indica que la velocidad es muy alta y la presión muy baja. En cambio, si la inclinación de la extrusora es poca o casi vertical; el cordón presentará un exceso de presión y una velocidad muy baja.

Como regla general, para pisos se den considerar que a mayor espesor de la lámina la extrusora se una más “parada” o vertical y a menor espesor más “acostada” o inclinada hacia la horizontal.

Si al soldar con el ángulo de inclinación correcto ocurre que la extrusora avanza demasiado rápido; puede indicar que el extruido está demasiado fluido por exceso de temperatura.

Se hace difícil avanzar con la extrusora; puede ser una señal de que el extruido está demasiado viscoso o consistente por una falta de temperatura.

### **3.4. Análisis del efecto de la implementación de Lean Service en el nivel de servicio.**

#### **3.4.1. Nivel de servicio mejorado**

A partir del mes de diciembre del 2020, se tomaron datos después de implementarse Lean Manufacturing, el nivel de servicio se asoció con los tiempos de demoras en la entrega de geomembrana instalada, para ello se presentan los siguientes reportes en la tabla 31.

Tabla 31  
*Sobretiempos en instalación de geomembrana HDPE después de aplicar la mejora.*

Mes	Fecha de entrega pactada	Fecha entregada	Sobretiempo (horas)
Agosto 2020	28/08/2020	31/12/2020	52.10
Setiembre 2020	18/09/2021	20/09/2020	43.40
Octubre 2020	15/10/2021	17/10/2020	35.60
Noviembre 2020	12/10/2021	14/11/2020	35.60
Diciembre 2020	15/10/2021	17/12/2020	35.60
Enero 2021	10/01/2021	12/01/2021	28.40
Febrero 2021	18/02/2021	19/02/2021	23.10
<b>Horas promedio</b>			<b>43.7</b>

Se tomaron mediciones de los meses de agosto 2021 hasta diciembre del 2021, luego se realizó la comparación del antes y después de la mejora (ver figura 25).

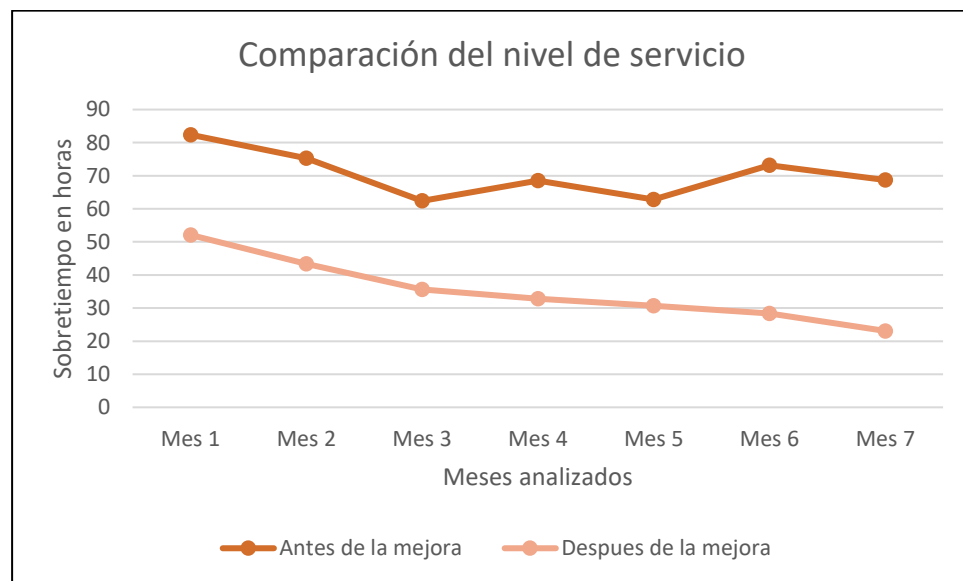


Figura 25. Comparación del nivel de servicio.

Tal como se muestra en la figura 25, se tiene una tendencia a reducir los sobretiempos, de acuerdo a la probabilidad.

### 3.2.2. Tiempo de espera:

Para determinar este indicador se ha utilizado el diagrama de análisis del proceso, tal como se muestra en la tabla 32.

Tabla 32  
*Diagrama de análisis de actividades.*

Actividades	Tiempo	Op.	Trans.	Dem.	Insp,	Ope+Ins	Almac
	min.	○	➔	D	□	◻	▽
Inspección de rollos de geomembrana en almacén	00:10:00				X		
Solicitud de pedido de geomembrana	00:05:00	X					
Espera de atendido de geomembrana solicitada	00:20:00			X			
Retirar geomembrana del almacén	00:15:00	X					
Espera de transporte de geomembrana del almacén al reservorio	00:20:00			X			
Traslado de geomembrana del almacén al reservorio	00:20:00		X				
Espera de personal para descargar rollos de geomembrana	00:10:00			X			
Descargado de rollos de geomembrana	00:15:00	X					
Traslado de la geomembrana a la zona de corte	00:20:00		X				
Corte de geomembrana	00:30:00	X					
Traslado de los cortes de geomembrana al área de pegado	00:35:00		X				

Espera de personal para alineado de geomembrana	00:10:00								X
Alineado de geomembrana	00:30:00								X
Colocar soldadura en la máquina soldadora	00:05:00	X							
Pegado de geomembrana con soldadura	00:40:00							X	
Corte de la soldadura al finalizar	00:05:00	X							
Aseguramiento de geomembrana en los extremos	00:20:00								X
<b>Total</b>	<b>05:25:00</b>	<b>01:15:00</b>	<b>01:00:00</b>	<b>01:15:00</b>	<b>0:10:00</b>	<b>00:50:00</b>	<b>00:00:00</b>		

De acuerdo a la tabla 32, los tiempos de espera ascienden a 1 hora.

### 3.2.3. Defectos:

En la tabla 33 se muestra los metros que han sido observado y se tuvo que reinstalar.

Tabla 33  
*Metros observados para reinstalar de geomembrana HDPE.*

<b>Mes</b>	<b>Metros instalados</b>	<b>Metros observados</b>
Agosto 2020	8 300	115.3
Setiembre 2020	9 100	108.7
Octubre 2020	10 200	88
Noviembre 2020	10 500	102
Diciembre 2020	10 900	88.9
Enero 2021	11 500	91.8
Febrero 2021	12 800	98.9
<b>Total</b>	<b>75 000</b>	<b>693.6</b>

### 3.2.4. Resumen de los indicadores mejorados

Tabla 34  
*Comparativo de los indicadores.*

Variable	Dimensiones	Indicador	Valor actual	Valor mejorado
<b>Variable Dependiente: Nivel de servicio.</b>	Sobretiempo	Nivel de servicio	70.50 horas	43.7 horas
		Demora de entrega	493.34 horas/7 meses	419.34 horas/7 meses
		Meses estudiados	7	7
<b>Variable Independiente: Lean Service</b>	Desperdicios Lean	Esperas	1 hora con 15 minutos	1 hora
		Defectos	867 metros de geomembrana	693.6 metros de geomembrana
		Cantidad de metros observados	123.86 metros	105.28 metros
		Demoras en defectos	13005 minutos	11054.25 minutos
		Tiempo promedio por metro cuadrado	15 minutos	15 minutos

### 3.5. Análisis económico de la propuesta de mejora.

#### a. Inversión

A continuación, se calcularon los montos para la inversión que se requiere para la implementación de las herramientas Lean Service, los gastos actuales y los gastos proyectados de la propuesta para los próximos 5 meses, con estos datos se calcularán el valor actual neto del proyecto y la tasa interna de retorno para analizar la viabilidad de implementación. En la tabla 35, se detallan los costos de inversión que implica la implementación de las herramientas Lean Service.

Tabla 35  
*Costos de inversión para la implementación de las herramientas Lean Service.*

Descripción	Costo en soles
Plan 5S	1 500
Elaboración de Kaizen	1 500
Elaboración de procedimiento	1 500
Plan de calidad	3 000
Plan de control de parámetros	3 000
Mejoras enfocadas	2 000
<b>Total</b>	<b>12 500 soles</b>

**b. Flujos entrantes**

Para el caso de esta investigación, se consideró las ganancias de las dos licitaciones perdidas, ya que con el nivel de servicio incrementado la empresa IGC S.R.L., podrá recibir más licitaciones por las empresas mineras. En las dos licitaciones perdidas se dejó de percibir 40 500 soles de ganancias, según el área de contabilidad en una duración de 3 meses, considerando los datos emitidos por contabilidad.

**c. Flujos salientes**

Los flujos salientes se relacionan netamente a los costos mensuales que se generan para mantener implementada las herramientas Lean Service, esto incluye capacitaciones y auditorias Lean.

Trimestralmente se realizará una capacitación, a los trabajadores respecto a las herramientas Lean service, los costos fueron brindados por el área de contabilidad.

Tabla 36  
*Costos en capacitaciones Lean Service.*

Descripción	Costo unitario	Cantidad	Costo anual
Capacitación a área gerencial	200.00	1	200.00
Capacitación a trabajadores en general	200.00	1	200.00
<b>Costo total de pagos</b>			<b>400.00</b>

**d. VAN y TIR**

En la tabla 37, se muestra el flujo de caja de las herramientas Lean Service, además se muestra la inversión, flujos entrantes y flujos salientes, con estos datos se determinaron el VAN, TIR y relación costo beneficio (B/C).

Tabla 37  
 VAN, TIR y B/C.

<b>FLUJO DE CAJA</b>	<b>Mes 0</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>	<b>Mes 4</b>	<b>Mes 5</b>	<b>TOTAL</b>
<b>EGRESOS</b>							
Plan 5S	S/ 1,500.00						S/ 1,500.00
Elaboración de Kaizen	S/ 1,500.00						S/ 1,500.00
Elaboración de procedimiento	S/ 1,500.00						S/ 1,500.00
Plan de calidad	S/ 3,000.00						S/ 1,000.00
Plan de control de parámetros	S/ 3,000.00						S/ 3,000.00
Mejoras enfocadas	S/ 2,000.00						S/ 2,000.00
Capacitación a área gerencial		S/ 200.00			S/ 200.00		S/ 400.00
Capacitación a trabajadores en general		S/ 200.00			S/ 200.00		S/ 400.00
<b>TOTAL, EGRESOS</b>	<b>S/ 12,500.00</b>	<b>S/ 400.00</b>	<b>S/ -</b>	<b>S/ -</b>	<b>S/ 400.00</b>	<b>S/ -</b>	<b>S/ 13,300.00</b>
<b>FLUJO ENTRANTE</b>							
Licitaciones por ganar	S/ -	S/ 40,000.00	S/ -	S/ -	S/ -	S/ -	S/ 40,000.00
<b>TOTAL, BENEFICIOS</b>	<b>S/ -</b>	<b>S/ 40,000.00</b>	<b>S/ -</b>	<b>S/ -</b>	<b>S/ -</b>	<b>S/ -</b>	<b>S/ 40,000.00</b>
<b>FLUJO ANUAL DE CAJA</b>	<b>-S/ 12,500.00</b>	<b>S/ 39,600.00</b>	<b>S/ -</b>	<b>S/ -</b>	<b>-S/ 400.00</b>	<b>S/ -</b>	<b>S/ 26,700.00</b>
<b>TMAR</b>	<b>15%</b>						
<b>TIR</b>	<b>217%</b>						
<b>VAN</b>	<b>S/ 45,749.23</b>						
<b>B/C</b>	<b>2.62</b>						

El VAN obtenido es de 45,749.23 soles, lo cual quiere decir que son las ganancias que se van a obtener en 5 meses considerando un TMAR de 15%, el Van es de 217% lo cual significa que el primer año se va a recuperar el 217% de la inversión y la relación B/C es de 2.62 , significa que por cada sol gastado se va a ganar 1.62 soles.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

En la presente tesis se ha demostrado que la aplicación del Lean Service incrementa el nivel de servicio, ya que hasta mayo del 2021 se estima que los sobretiempos serán 8.61 horas. Tal como lo ratifican Beltrán y Soto (2017) quienes redujeron sobretiempos de recepción y despacho en 6 minutos por ciclo.

Respecto al diagnóstico la situación actual de la empresa se utilizaron herramientas de diagnóstico como el diagrama de Ishikawa y Pareto, tal como lo realizaron en sus investigaciones De La Cruz (2013), Avendaño (2017) y García (2015); asimismo en la presenta investigación se analizaron y midieron los desperdicios Lean que fueron sobreproducción, defectos, transporte innecesario, sobreinventario, sobreprocesos, esperas, movimientos innecesarios y desaprovechamiento de talento humano, todo estos se adecuaron a la empresa que brinda el servicio de instalacion de geomembrana, sin embargo en el estudio de Suarez (2013) se analizaron sólo los desperdicios de defectos, sobreproducción y movimientos innecesarios, además, Bances (2017) en su investigación sólo analizó los desperdicios de esperas, sobreinventario y movimientos innecesarios, finalmente en el estudio de López y García (2014) se analizaron los ocho desperdicios. Es necesario recalcar que en el presente estudio se se relacionó directamente el nivel de servicio con los sobretiempos en la entrega de trabajos, es decir a mayor sobretiempos menor va a ser el nivel de servicio; sin embargo en la investigación de López y García (2014) se relacionó el nivel de servicio con la satisfacción del cliente para lo cual utilizó como instrumento a la encuesta.

En la presente investigación se aplicaron las herramientas 5S, Kaizen, plan de calidad y mantenimiento productivo total; por otro lado Altamirano (2017) aplicó ;las



herramientas de mantenimiento, kaizen y 5S; sin embargo Avendaño (2017) presenta un estudio más completo donde aplicó Kaizen, Kanban, Just in Time y mantenimiento productivo total, el único estudio que aplicó plan de calidad fue el de Rivera (2015).

El efecto de la implementación de Lean Service en el nivel de servicio es positivo ya que se redujo 35.32 horas de sobretiempos; lo cual concuerda con los estudios de Cabrera (2016) quien redujo 4 horas de sobretiempos en el mantenimiento de equipos al aplicar Lean Service y Galván (2013) redujo 13.26 horas de sobretiempos en el proceso de mantenimiento de camiones al aplicar herramientas Lean.

El análisis económico de la implementación de las herramientas Lean Service determina que el proyecto es viable ya que presenta TIR 217%, el VAN es S/ 45,749.23 y la relación B/C es 2.62. Tal como lo son los estudios de De La Cruz (2013) se calculó un VAN de 69 745 dólares y TIR de 86%, también el estudio de uarez (2013) es viable con un TIR de 122% y VAN de 108 654 dólares; asimismo en el estudio Santillán (2017) se determinó un TIR de 75% y un VAN de 48 552 dólares.

## 4.2 Conclusiones

- El nivel de servicio actual se relacionó con los sobretiempos que varían desde 62.40 horas hasta 82.40 horas, y en promedio 70.50 horas, por lo tanto, se supera en 50.50 horas al target establecido en 20 horas.
- Dentro del diagnóstico se analizaron los desperdicios que afectan el nivel de servicio y se determinaron los más relevantes con un diagrama de Pareto, los que fueron tiempos de espera representando el 55% de las demoras totales y el desperdicio de defectos que representa el 30% de las demoras totales.
- Las herramientas Lean Service a utilizar para incrementar el nivel de servicio en la instalación de geomembrana fueron 5S en la zona de trabajo, aplicación de eventos Kaizen, elaboración de un procedimiento para soldadura de geomembrana, Kanban de recepción de productos para controlar el almacén, plan y los pilares del TPM mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y prevención del mantenimiento.
- El efecto de la implementación de Lean Service en el nivel de servicio se analizó mediante un comparativo del nivel de servicio antes y después de la mejora en términos de sobretiempos y se redujo 35.32 horas.
- El análisis económico determina que el diseño de las herramientas Lean Service es viable ya que presenta una TIR de 217%, VAN de 45 749.23 soles y una relación beneficio/costo de 2.62 soles.

## REFERENCIAS

- Angeles, J. (2017). Aplicación del TPM para mejorar la productividad en la empresa frío aéreo asociación civil Callao 2017. (*tesis de pregrado*). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV.pdf>
- Aquilano, N., Chase, R., & Jacobs, F. (2016). Administración de operaciones. Producción y cadena de suministro. (*Libro*). D.F., Mexico: Mc Graw Hill. Obtenido de <https://www.unc.edu.ar/facultades/materia?ua=11&carrera>
- Bances, R. (2017). Implementación de lean manufacturing para mejorar la productividad en el taller metalmecánica Wensay Aceros S.A., Puente Piedra, 2017. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1387/Bances\\_PR.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/1387/Bances_PR.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Beltrán, C., & Soto, A. (2017). Aplicación de herramientas lean manufacturing en los procesos de recepción y despacho de la empresa HLF Romero S.A.S. (*Tesis de pregrado*). Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle. Obtenido de [http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21273/47121001\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/21273/47121001_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cabrera, H. (2016). Propuesta de mejora de la calidad mediante la implementación de técnicas Lean Service en el área de servicio de mecánico de una empresa automotriz. (*Tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de [repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream//1/CABRERA\\_VH.pdf](repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream//1/CABRERA_VH.pdf)
- Fonseca, J. (2015). Programa de gestión de mantenimiento a través de la implementación de herramientas predictivas y de TPM como contribución a la mejora de la eficiencia

- energética en plantas termoeléctricas. (*artículo científico*). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php>
- Gallardo, J., & Armijos, V. (2016). Propuesta de Implantación de Metodología Lean Manufacturing en un Taller Automotriz del sector Batán Bajo, Quito, año 2016. (*Tesis de pregrado*). Loja, Ecuador: Universidad Tecnica Particular de Loja. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/14561/1/Gallardo.pdf>
- Garay, L. (2018). Propuesta de mejora del proceso de aprovisionamiento de materiales en una empresa que produce y distribuye muebles de madera. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621500/Garay\\_SL](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/621500/Garay_SL).
- Gómez, M. (2017). Aplicación de metodología lean en un taller de mecanizado. (*Tesis de pregrado*). Valladolid, España: Universidad de Valladolid. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/132345380.pdf>
- Herrera, F., & López, J. (2016). Impacto de la implementación de la metodología Lean Manufacturing en la producción de la microempresa D’J. LO Servicios Generales E.I.R.L. en el año 2016. (*Tesis de pregrado*). Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7655>
- Jimenez, N., & Hernández, R. (2015). Proveedores y modelos de gestión en la cadena de suministro: Pymes manufactureras de Aguascalientes. (*artículo científico*). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49642141019.pdf>
- López, C., & García, A. (2014). Análisis y mejora de un taller de producción de piezas mecánicas mediante metodología lean. (*Tesis de pregrado*). Leganés, España:

- Universidad Carlos III de Madrid. Obtenido de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/22559/PFC\\_cyrille\\_gonzalo\\_2014.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/22559/PFC_cyrille_gonzalo_2014.pdf)
- Oblitas, M. (2018). Guía de investigación de Ingeniería. (*Metodología de la investigación*). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Ribeiro, H. (2016). Pilares del TPM. (*video*). Brasil. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=OjsebaRDHp0>
- Salinas, K. (2017). Aplicación del estudio de tiempos para mejorar la atención del cliente en la empresa metalmecánica JMS, 2017. (*tesis de pregrado*). Universidad Norbert Wiener, Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream>
- Stachú, S. (2004). Diagrama de Pareto. National Business School, Japón. Obtenido de <http://nbs.gt/index.php/es/alumnos/biblioteca/item/42-3>
- Semino, F. 2015. Producción de agua de mesa por ósmosis inversa para autoabastecimiento de UDEP. (*tesis de pregrado*). Piura, Perú : Universidad de Piura, 2015.
- Súarez, R. (2015). Aplicación de herramientas lean en el área de mantenimiento de una empresa minera. (*Tesis de pregrado*). Sevilla, España: Universidad de Sevilla. Obtenido de [http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/30249%A1rez\\_Vicente.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/30249%A1rez_Vicente.pdf)
- Vidal, E. (2016). Mantenimiento productivo total (TPM) aplicado a equipos esenciales de la refinería Iquitos. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/14803>
- Torres, Y. 2016. Gestión de la calidad y su influencia en el cumplimiento de atributos de calidad del proceso de purificación de agua potable en una industria farmacéutica. (*tesis de pregrado*). Lima, Perú : Universidad Cesar Vallejo, 2016.

## ANEXOS

### Anexo 1: Reporte de inventario

Fecha	Inventario promedio	Ventas acumuladas	Índice de rotación
01/01/2020	68547	114358	1.67
02/01/2020	56458	108745	1.93
03/01/2020	65962	109357	1.66
04/01/2020	57485	124789	2.17
05/01/2020	78235	118325	1.51
06/01/2020	66475	117658	1.77
07/01/2020	67452	134256	1.99
08/01/2020	78124	104785	1.34
09/01/2020	88090	123478	1.40
10/01/2020	76547	114523	1.50
11/01/2020	69324	119546	1.72
12/01/2020	78456	134785	1.72
13/01/2020	77859	154722	1.99
14/01/2020	74758	123845	1.66
15/01/2020	66325	118542	1.79
16/01/2020	77012	110320	1.43
17/01/2020	67685	118523	1.75
18/01/2020	78124	178452	2.28
19/01/2020	68035	135412	1.99
20/01/2020	78745	124578	1.58
21/01/2020	67458	134587	2.00
22/01/2020	59125	140210	2.37
23/01/2020	86475	119487	1.38
24/01/2020	88654	117421	1.32
25/01/2020	78756	123600	1.57
26/01/2020	67485	121748	1.80
27/01/2020	67985	116403	1.71
28/01/2020	76712	130415	1.70
29/01/2020	87411	126502	1.45
30/01/2020	78321	130111	1.66
31/01/2020	89120	124530	1.40
01/02/2020	69324	132470	1.91
02/02/2020	77658	145203	1.87
03/02/2020	66490	136478	2.05

1.72

1.76

04/02/2020	57384	127415	2.22
05/02/2020	79235	134587	1.70
06/02/2020	78654	140210	1.78
07/02/2020	79324	114358	1.44
08/02/2020	78456	108745	1.39
09/02/2020	77859	109357	1.40
10/02/2020	64758	124789	1.93
11/02/2020	66325	118325	1.78
12/02/2020	87012	117658	1.35
13/02/2020	77456	134256	1.73
14/02/2020	78324	104785	1.34
15/02/2020	68547	123478	1.80
16/02/2020	76458	130111	1.70
17/02/2020	65962	124530	1.89
18/02/2020	57485	132470	2.30
19/02/2020	88235	145203	1.65
20/02/2020	76475	136478	1.78
21/02/2020	67452	127415	1.89
22/02/2020	68124	114523	1.68
23/02/2020	78090	119546	1.53
24/02/2020	66547	134785	2.03
25/02/2020	66978	154722	2.31
26/02/2020	67564	123845	1.83
27/02/2020	68254	118542	1.74
28/02/2020	77685	110320	1.42
29/02/2020	78124	118523	1.52
01/03/2020	68035	178452	2.62
02/03/2020	78745	135412	1.72
03/03/2020	67458	121477	1.80
04/03/2020	69125	132544	1.92
05/03/2020	76475	114358	1.50
06/03/2020	68654	108745	1.58
07/03/2020	78756	109357	1.39
08/03/2020	79324	124789	1.57
09/03/2020	78745	118325	1.50
10/03/2020	67685	117658	1.74
11/03/2020	66874	134256	2.01
12/03/2020	79324	104785	1.32
13/03/2020	78456	123478	1.57
14/03/2020	67859	140210	2.07

1.83

15/03/2020	64758	119487	1.85
16/03/2020	76325	117421	1.54
17/03/2020	77012	123600	1.60
18/03/2020	89104	121748	1.37
19/03/2020	58740	116403	1.98
20/03/2020	67635	130415	1.93
21/03/2020	58475	126502	2.16
22/03/2020	49657	119546	2.41
23/03/2020	67481	134785	2.00
24/03/2020	68547	154722	2.26
25/03/2020	56458	123845	2.19
26/03/2020	65962	118542	1.80
27/03/2020	57485	110320	1.92
28/03/2020	78235	118523	1.51
29/03/2020	66475	178452	2.68
30/03/2020	67452	135412	2.01
31/03/2020	78124	127458	1.63
01/04/2020	88090	121400	1.38
02/04/2020	76547	136244	1.78
03/04/2020	69324	128045	1.85
04/04/2020	78456	117325	1.50
05/04/2020	77859	114523	1.47
06/04/2020	74758	119546	1.60
07/04/2020	66325	134785	2.03
08/04/2020	77012	154722	2.01
09/04/2020	67685	123845	1.83
10/04/2020	78124	118542	1.52
11/04/2020	68035	110320	1.62
12/04/2020	78745	118523	1.51
13/04/2020	67458	178452	2.65
14/04/2020	59125	135412	2.29
15/04/2020	86475	114358	1.32
16/04/2020	88654	108745	1.23
17/04/2020	78756	109357	1.39
18/04/2020	67485	124789	1.85
19/04/2020	67985	118325	1.74
20/04/2020	76712	117658	1.53
21/04/2020	87411	134256	1.54
22/04/2020	78321	104785	1.34
23/04/2020	89120	123478	1.39

1.68



24/04/2020	69324	140210	2.02	
25/04/2020	77658	119487	1.54	
26/04/2020	66490	117421	1.77	
27/04/2020	57384	123600	2.15	
28/04/2020	79235	121748	1.54	
29/04/2020	78654	116403	1.48	
30/04/2020	79324	130415	1.64	
01/05/2020	78456	126502	1.61	
02/05/2020	77859	119546	1.54	
03/05/2020	64758	134785	2.08	
04/05/2020	66325	154722	2.33	
05/05/2020	87012	123845	1.42	
06/05/2020	77456	118542	1.53	
07/05/2020	78324	110320	1.41	
08/05/2020	68547	118523	1.73	
09/05/2020	76458	178452	2.33	
10/05/2020	65962	135412	2.05	
11/05/2020	57485	140210	2.44	
12/05/2020	88235	119487	1.35	
13/05/2020	76475	117421	1.54	
14/05/2020	67452	123600	1.83	
15/05/2020	68124	121748	1.79	
16/05/2020	78090	116403	1.49	1.75
17/05/2020	66547	130415	1.96	
18/05/2020	66978	126502	1.89	
19/05/2020	67564	131022	1.94	
20/05/2020	68254	130542	1.91	
21/05/2020	77685	128457	1.65	
22/05/2020	78124	126458	1.62	
23/05/2020	68035	134781	1.98	
24/05/2020	78745	128477	1.63	
25/05/2020	67458	114358	1.70	
26/05/2020	69125	108745	1.57	
27/05/2020	76475	109357	1.43	
28/05/2020	68654	124789	1.82	
29/05/2020	78756	118325	1.50	
30/05/2020	79324	117658	1.48	
31/05/2020	78745	134256	1.70	
01/06/2020	67685	104785	1.55	1.81635743
02/06/2020	66874	123478	1.85	

03/06/2020	79324	140210	1.77
04/06/2020	78456	119487	1.52
05/06/2020	67859	117421	1.73
06/06/2020	64758	123600	1.91
07/06/2020	76325	121748	1.60
08/06/2020	77012	116403	1.51
09/06/2020	89104	130415	1.46
10/06/2020	58740	126502	2.15
11/06/2020	67635	119546	1.77
12/06/2020	58475	134785	2.31
13/06/2020	49657	154722	3.12
14/06/2020	67481	123845	1.84
15/06/2020	65989	118542	1.80
16/06/2020	69587	110320	1.59
17/06/2020	68435	118523	1.73
18/06/2020	78706	178452	2.27
19/06/2020	68802	135412	1.97
20/06/2020	77485	140210	1.81
21/06/2020	67685	119487	1.77
22/06/2020	78124	117421	1.50
23/06/2020	68035	123600	1.82
24/06/2020	78745	121748	1.55
25/06/2020	77458	116403	1.50
26/06/2020	69125	130415	1.89
27/06/2020	66475	126502	1.90
28/06/2020	68654	147022	2.14
29/06/2020	88756	136245	1.54
30/06/2020	77985	129487	1.66
01/07/2020	86712	132055	1.52
02/07/2020	87411	121466	1.39
03/07/2020	78321	118457	1.51
04/07/2020	69120	132052	1.91
05/07/2020	69324	147205	2.12
06/07/2020	77658	134251	1.73
07/07/2020	76490	114523	1.50
08/07/2020	67384	119546	1.77
09/07/2020	69235	134785	1.95
10/07/2020	88654	154722	1.75
11/07/2020	88456	123845	1.40
12/07/2020	67859	118542	1.75

1.72

13/07/2020	64758	110320	1.70
14/07/2020	66325	118523	1.79
15/07/2020	67012	178452	2.66
16/07/2020	77485	135412	1.75
17/07/2020	68235	121302	1.78
18/07/2020	76475	134520	1.76
19/07/2020	77452	141022	1.82
20/07/2020	68124	114358	1.68
21/07/2020	68090	108745	1.60
22/07/2020	76547	109357	1.43
23/07/2020	78325	124789	1.59
24/07/2020	77684	118325	1.52
25/07/2020	68234	117658	1.72
26/07/2020	78061	134256	1.72
27/07/2020	77958	104785	1.34
28/07/2020	77684	123478	1.59
29/07/2020	76903	134781	1.75
30/07/2020	67689	154202	2.28
31/07/2020	88015	132450	1.50

## Anexo 2: Ficha resumen

Tabla 38

*Ficha resumen de actividades de instalación de geomembrana.*

---

**Ficha Resumen de Actividades**

---

Área:

---

Tipo de actividad de tarea:

---

Equipos implicados:

---

Duración de la instalación de geomembrana:

---

Observación:

---

### Anexo 3: Matriz de consistencia

Título	Formulación del problema	Objetivos	Variables y = f(x)	Dimensiones	Diseño de la investigación
Influencia de la implementación de Lean Service en el nivel de servicio en la instalación de geomembrana para represas mineras, en la empresa innovación en geosintéticos y construcción SRL, en la ciudad de Cajamarca, 2019	¿Cómo influye la implementación de Lean Service en el nivel de servicio de instalación de geomembrana para represas mineras, en la empresa innovación en geosintéticos y construcción SRL?	<p>Implementar la metodología Lean Service en el nivel de servicio de instalación de geomembrana para represas mineras, en la empresa innovación en geosintéticos y construcción SRL.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagnosticar la situación actual del nivel de servicio en la instalación de geomembrana para represas mineras.</li> <li>- Diagnosticar los desperdicios en el proceso de instalación de geomembrana para represas mineras.</li> <li>- Diseñar las herramientas Lean Service a utilizar para incrementar el nivel de servicio en la instalación de geomembrana.</li> <li>- Analizar el efecto de la implementación de Lean Service en el nivel de servicio.</li> <li>- Realizar el análisis económico del diseño.</li> </ul>	<p>Variable dependiente (y): Nivel de servicio</p> <p>Variable independiente (x): Lean Service</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Y.1. Metros aceptados in observaciones.</li> <li>- Y.2. Metros totales instalados.</li> <li>- X.1. Desperdicios</li> <li>- X.1.2. Esperas.</li> <li>- X.1.3. Defectos.</li> </ul>	<p>Según su propósito: La investigación es aplicada.</p> <p>Según su profundidad: La investigación fue explicativa.</p> <p>Según la naturaleza de sus datos: La investigación es cuantitativa.</p> <p>Según su manipulación de la variable: La investigación es cuasi experimental.</p>