UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA
INGENIRIA DE EJECUCION MECANICA DE PROCESESOS Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Propuesta de mejora en proceso de lavado vidrio termopanel TECNICAL LTDA.

Informe de Proyecto de Titulo
para optar al título de
Ingeniero de Ejecución Mecánica
de Procesos y Mantenimiento
Industrial.

Alumno: Jonathan Tirapegui Ojeda
Profesor Guía: Sr. Marcelo Quiroz Neira.

Concepción, Octubre del 2019

Dedicatoria

A Dios:
Porque Jehová da la sabiduría,
Y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia.
Proverbios 2:6

Porque ¿qué aprovechará al hombre, si ganare todo el mundo, y perdiere su alma? ¿O qué recompensa dará el hombre por su alma?
Mateo 16:26

Sigla y Simbología

Siglas

VGPL:	Vertical Glass Pressin Line.
DVH:	Doble Vidrio Hermético.
P&ID:	Piping and Instrumentation Diagram/Drawing.

Simbología

Q:	Caudal; Litros/Minutos.
Cm:	Centímetros.
Cm^3:	Centímetros Cúbicos.
m:	Metros.
mm:	Milímetros.
m^2:	Metro Cuadrado.
L:	Litros.
W:	Watt.
$:	Pesos.
Hp:	Horse power / caballos de fuerza.
KW:	Kilo watt.
Hrs:	Horas.
(0:00:00):	Horas/Minutos/Segundos.
%:	Porcentaje.

Índice de Contenidos

Capítulo 1: Introducción 1
1.1 Objetivo general 1
1.2 Objetivos específicos 1
Capítulo 2: Planteamiento del problema 2
Motivación 3
Capítulo 3: Marco Teórico 4
3.1 Termopanel 4
¿Qué es un doble vidriado hermético (D.V.H.)? 4
Historia 5
Características Principales 5
El D.V.H. como aislante térmico 5
El D.V.H. como aislante acústico 6
Posibilidades de diseño de un D.V.H. 6
Normativa 6
3.2 Herramientas de Gestión 7
3.2.1 Brainstorming (tormenta de ideas) 7
3.2.2 Análisis de Causa Raíz (RCA) 8
3.2.3 Diagrama de Pareto. 10
3.3 P&ID 12
¿Qué es un P&ID? 12
Función y propósito de los P&IDs 12
Cuándo usar los P&IDs y quién los usa: 13
¿Cuáles son las limitaciones de un P&ID? 13
Principios básicos de organización del P&ID 13
Capítulo 4: Diseño y Solución 15
4.1 Flujograma de termopanelera. (Anexo, Figura15) 15
4.2 Análisis VGPL mediante Principio de Pareto 15
Fallas identificadas y problemas frecuentes directamente relacionadas con el equipo (VGPL) 16
4.3 Análisis del Proceso de Lavado y Secado 20
Proceso de lavado 21
Proceso de Secado: 22

Problemas en Proceso de Lavado: 22
Problemas de Proceso de Secado: 22
4.4 Plan de Acción para mejora del Proceso de Lavado 23
- Rediseño de la piscina, reinstalación de calefactores de inmersión; 24
Observaciones: 24
Mejora: 25
- Retirar y cambiar filtros en sistema de succión pre-bombas; 25
Observaciones: 25
Mejora: 25
- Cambio de bombas; 26
Observaciones: 26
Mejora: 26
4.5 P&ID Proceso actual y Propuesta de Mejora. 26
4.6 Plantilla Básica de Mantenimiento para Operador (Anexo, Tabla 6). 30
Capítulo 5: Evaluación Técnica y Económica 30
5.1 Cotos asociados a Horas/ Hombre (HH) VGPL y Termopanelera. 30
5.2 Perdidas en horas asociadas a resolver fallas y/o problemas en producción. (Equipo VGPL) 31
Conclusiones: 34
5.3 Análisis de precios por Termopanel Terminado. 35
Producción de Termopaneles terminados 36
Conclusiones: 38
5.4 Resultados Financieros. 39
Tabla de cotización; materiales y Mano de Obra. 39
Resultado del Flujo de Caja 40
Conclusiones Generales 41
Bibliografía 42
Anexos 43

Índice de Tablas

Tabla 1 Simbología P&ID Fuente: Elaboración Propia 26
Tabla 2 Siglas y simbologías del Plano P&ID. Fuente: Elaboración Propia. 28
Tabla 3 Siglas y Simbologías. Fuente: Elaboración Propia 29
Tabla 4 HH Y Total de Sueldos por trabajadores. Fuente: Elaboración propia. 30

Tabla 5 Vidrios de Gran Envergadura Fuente: Elaboración propia. 31
Tabla 6 Vidrios de Mediana Envergadura Fuente: Elaboración propia. 31
Tabla 7 Vidrios de Pequeña Envergadura Fuente: Elaboración propia. 32
Tabla 8 Muestra de 64 Vidrios en 8hrs. Fuente: Elaboración propia. 32
Tabla 9 Muestra de 144 Vidrios en 8hrs. Fuente: Elaboración propia. 33
Tabla 10 Muestra de 193 Vidrios en 8hrs. Fuente: Elaboración propia. 33
Tabla 11 Costos por Fallas de Lavado y Secado (HH) VGPL. Fuente Elaboración propia. 34
Tabla 12 Perdida de PRODUCCION por Unidad de Vidrios Procesados. Fuente: Elaboración propia. 35
Tabla 13 Precios Vidrios Lirquen Fuente: Departamento de Ventas Tecnical LTDA. 35
Tabla 14 Precio de Venta Cristal 3mm Fuente: Elaboración Propia. 36
Tabla 15 Precio de Venta Cristal 4mm Fuente: Elaboración Propia. 37
Tabla 16 Precio de Venta Cristal 3mm Fuente: Elaboración Propia. 37
Tabla 17 Calculo pareja de cristales Fuente: Elaboración propia. 38
Tabla 18 Calculo Ventas Perdidas por fallas. Fuente: Elaboración propia. 38
Tabla 19 Calculo Ganancia neta perdida por Fallas. Fuente: Elaboración propia..... 38
Tabla 20 Materiales y Mano de Obra. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel). 39
Tabla 21 Flujo de caja. Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel). 40
Tabla 22 Parámetros de Problemas (VGPL) Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel). 43
Tabla 23 Planilla Básica de Mantención (Proceso de lavado, Piscina). Fuente: Elaboración Propia(Microsoft Excel). 43

Índice de Figuras

Figura 1 Vidrio vista en Corte y Componentes. 4
Figura 2 P&ID. 12
Figura 3 Equipo VGPL Fuente: (http://www.cmsmachine.com) 15
Figura 4 Diagrama Fuente: Microsoft Excel (origen personalizado) 17
Figura 5 Diagrama Fuente: Microsoft Excel (origen personalizado) 18
Figura 6 Diagrama Fuente: Microsoft Excel (origen personalizado) 19
Figura 7 Fuente: Elaboración Propia. 20
Figura 8 VGPL (SECCION: PROCESO LAVADO Y SECADO) Fuente: (http://www.cmsmachine.com) 20
Figura 9 Fuente: Empresa TECNICAL LTDA. 21
Figura 10 Fuente: Empresa TECNICAL LTDA. 21
Figura 11 Fuente: Empresa TECNICAL LTDA. 22
Figura 12 Fuente: Elaboración propia. 23
Figura 13 Puntos a Intervenir en propuesta de Mejora. Fuente: Tecnical Ltda. Elaboración Propia. 24
Figura 14 Flujograma de termopanelera Tecnical LTDA. Fuente: Elaboración Propia (Bizagi).... 44
Figura 15 Plano P&ID proceso actual (especificaciones Tabla:1, Tabla:2.) Fuente Elaboración Propia. 45
Figura 16 Plano P&ID propuesta de mejora (especificaciones Tabla:1, Tabla:2.) Fuente Elaboración Propia. 46

Capítulo 1: Introducción

La empresa Tecnical LTDA, se dedica a la distribución de perfiles de aluminio, cristal y accesorios para realizar proyecto de ventanas, puertas, muros cortina, vidriados en general, además en sus dependencias consta con una planta de fabricación de vidrios termopanel.

La fábrica de vidrios termopanel consta con una línea de equipos críticos, en su proceso hay presencia de fallas constantes en algunos componentes donde se determinó una propuesta de mejora, específicamente en el sistema de lavado del vidrio, ya que, al presentarse irregularidades en el sistema de lavado, este produce una operación insatisfactoria del equipo y con ello desencadena irregularidades en el ciclo de trabajo.

1.1 Objetivo general

- Proponer alternativa de mejora en proceso de lavado vidrio termopanel.

1.2 Objetivos específicos

- Generar flujograma del proceso de fabricación planta termopanelera.

- Identificar y Analizar la principal falla que genera malos resultados en el equipo mediante; Herramienta de Gestión. (Pareto, Brainstorming o RCA)

- Analizar el proceso de lavado y secado.

- Generar un P&ID de los equipos actuales y un P&ID de la alternativa de mejora y sus equipos.

Capítulo 2: Planteamiento del problema

Vertical Glass Pressin Line (Figura3), es un equipo critico en la planta de fabricación de termo panel, este equipo tiene una envergadura de:

- 3,55m de altura.
- 17,5m de ancho.
- 2,25m de profundidad.

Consta con 3 secciones principales de operación:

1 Lavado del Vidrio.
2 Secado del Vidrio.
3 Prensado de Vidrios.

Se acota a la sección 1 como principal causante de fallas en el ciclo de trabajo de este equipo, ya que, esta sección en su origen usa agua caliente para lavar el vidrio, mediante un sistema de resistencias eléctricas que calienta el agua, pero por problemas de mantención, exposición de componentes a residuos dañinos, fallas eléctricas, ocasiono problemas irreversibles en el equipo, dejando anulada la posibilidad de generar agua caliente mediante resistencias eléctricas en el modelo actual.

Actualmente este equipo está en funcionamiento, recirculando agua en un circuito cerrado para lavar el vidrio, al ocupar agua fría por los daños del equipo, produce un trabajo insatisfactorio, tanto así que el vidrio al retirarse de la sección 1 para pasar a la sección 2 y posteriormente a las demás, queda con residuos, presencia de grasas, manchas, entre otros problemas. Esto genera que el operador el equipo realiza una limpieza manual, externa a las secciones de trabajo, obstruyendo así el ciclo de trabajo y producción del termopanel.

El agua caliente por sus propiedades y estado genera una limpieza satisfactoria del vidrio, por lo tanto, se busca una propuesta viable, eficaz, durable, entre otros parámetros para generar un buen sistema de lavado.

Además, el sistema de filtrado de partículas es deficiente antes de entrar en la piscina (recirculación del agua) y al enviarla a la sección interna (Figura 10).

Motivación

La empresa Tecnical Ltda (Fabricación de Termopanel), en su esencia no cuenta con un criterio de mantención, ni tampoco se han aplicado herramientas de gestión que puedan generar conclusiones beneficiosas para esta.

A causa de estas razones se opta por aplicar, eh internalizar conceptos de mantención en la empresa dando a conocer la importancia que tiene el buen estado de un equipo en una línea crítica de un proceso productivo, y como se pueden aplicar mejoras en cada proceso aumentando así la capacidad de producción, cuidado de equipos, conocimiento del operador respecto de la mantención y maquinaria, entre otros conceptos.

Justificando el análisis de la problemática a intervenir, se tiene en cuenta una cantidad considerable de dinero que se pierde por el bajo porcentaje de trabajo que se encuentra en este quipo, en su actual funcionamiento.

Capítulo 3: Marco Teórico

3.1 Termopanel

¿Qué es un doble vidriado hermético (D.V.H.)?

Es una unidad, compuesta por dos láminas de cristal separadas entre sí por un marco espaciador de aluminio, que lleva en su interior sales higroscópicas absorbentes de humedad de la cámara de aire que se produce al interior del D.V.H.

El marco espaciador se adhiere a ambos cristales con cordones de Polysobutileno (Butilo) sellando el perímetro total del D.V.H., siendo una efectiva barrera al vapor de agua (Humedad).
Luego es inyectado a alta presión, un segundo sello exterior de Polisulfuros o Silicona Estructural entre ambos cristales, logrando la rigidez necesaria del D.V.H. y una segunda barrera a la penetración de agua.

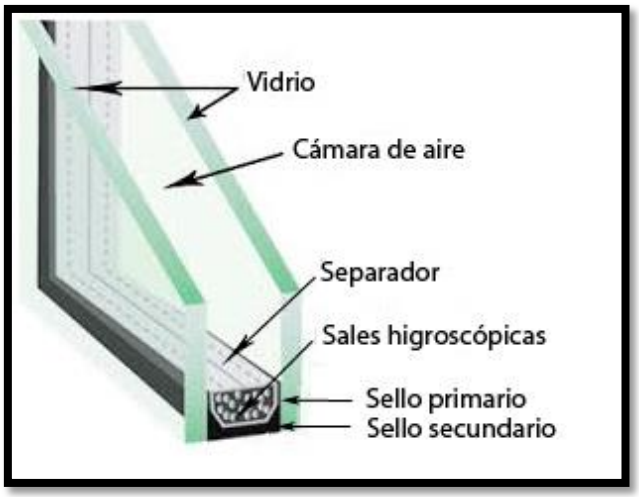


Figura 1
Vidrio vista en Corte y Componentes.

Historia

Las primeras patentes de un D.V.H. datan de fines del siglo XIX y constituyen un adelanto sobre las ventanas con doble vidrio (dos hojas en un mismo marco). El desarrollo industrial de la producción del D.V.H. se aceleró con la crisis del petróleo de la década del 70, momento en que los países del Hemisferio Norte declaran la guerra contra el derroche de energía en la climatización de edificios nuevos como en la construcción existente.

A partir de los años 80 comienza a desarrollarse en nuestro país la fabricación del D.V.H. y hoy día es cada vez más frecuente encontrar unidades de D.V.H. en todo tipo de edificios para aumentar el confort térmico - acústico y disminuir el consumo de energía en nuestro país.

Características Principales

- Es una efectiva solución al ahorro de energía en calefacción en los meses de invierno, y aire acondicionado en los meses de verano.
- Aporta una considerable atenuación de los ruidos externos.
- Reduce efectivamente el problema de empañamiento de los vidrios.
- Produce mayor equilibrio térmico y confort al interior de los recintos.
- Aumenta el factor seguridad en viviendas y oficinas.

El D.V.H. como aislante térmico

El calor tiende a pasar desde las zonas más calurosas a las más frías a través de los cristales, esto es denominado como Coeficiente de Transferencia Térmica (U).

El principio aislante de un D.V.H. descansa fundamentalmente en la capacidad de aislamiento térmico aportado por el espacio producido entre los dos cristales sellados herméticamente (Cámara de Aire). Esta característica permite un ahorro de un 50% aproximado por conceptos de calefacción en invierno, y aire acondicionado en verano.

- Un cristal monolítico tiene un coeficiente de transferencia térmica de U= 5.1 Kcal/hm2 Cº
- Un D.V.H. sellado con una cámara de aire de 12mm tiene un coeficiente de transferencia térmica de U= 2.6 Kcal/hm2 Cº.

El D.V.H. como aislante acústico

La intensidad de los ruidos es medida en decibeles (dB). Un sonido o ruido es molesto cuando supera los 60 dB. En una vía de alta circulación de tránsito los ruidos fluctúan entre los 70 a 80 dB y los cristales comunes muy poco pueden hacer al respecto. Un D.V.H. mejora los índices de atenuación de ruidos, al ser construido con vidrios más gruesos , y en particular con aquellos especialmente acústicos como es el caso de un Cristal Laminado fabricado con PVB.
El D.V.H. logra una disminución en promedio entre 35 / 40 dB, dependiendo según el espesor y tipo de cristales que conforma el panel, consiguiendo el grado de confort acústico necesario, que se sitúa entre los 35 y 45 dB.

Posibilidades de diseño de un D.V.H.

La elección del espesor de las láminas de cristal que componen un D.V.H. están determinadas por la superficie que debe cubrir y los esfuerzos a los que estará sometido (presión de viento, dimensiones, ubicación, etc.).
La elección del tipo de vidrio dependerá de su uso específico, color que quiera usar el arquitecto, requerimientos del recinto, y las normas de seguridad vigentes.
El D.V.H. contempla un amplia gama de posibilidades de diseño, que responde eficientemente a requerimientos específicos, siendo diseñado exclusivamente para cubrir cada una de las necesidades.

Normativa

El objetivo primordial en este punto, es el de proteger al consumidor final frente a productos de mala calidad producidos artesanalmente. Para ello a comienzos de 1999 se creó a través del Instituto Nacional de Normalización (I.N.N.- Chile) la normativa para la fabricación del Doble Vidriado Hermético y sus ensayos técnicos. Adicionalmente se establecieron las condiciones requeridas de equipamiento para la fabricación del producto:

NCh2434/1 Establece las características exigibles para el diseño del producto denominado Doble Vidriado Hermético.

NCh2434/2 Establece un método normalizado para el ensayo de condensación en la cámara de las unidades de DVH.

NCh2434/3 Establece un método normalizado para el ensayo de hermeticidad en la cámara de las unidades de DVH.

NCh2434/4 Establece un método normalizado para el ensayo de envejecimiento acelerado de las unidades de DVH.

3.2 Herramientas de Gestión

Las herramientas de gestión son una serie de metodologías, programas y/o aplicaciones que buscan cumplir de la mejor forma posible las metas y objetivos de una determinada empresa o entidad. En cuanto a la gestión empresarial para que cualquier modelo sea efectivo; tiene que estar correctamente planificado con ello lograr una aplicación lo más efectivamente posible.

En la actualidad hay una serie de herramientas de gestión aplicables al mantenimiento, que en general buscan la mejora continua en estos procesos.

A continuación, analizaremos tres de ellas y si son aplicables a las condiciones que TECNICAL LTDA nos entrega.

3.2.1 Brainstorming (tormenta de ideas)

Esta herramienta fue creada por Alex Osborne alrededor de los años 1950, impulsado por hallar ideas creativas genera una metodología capaz de exprimir una enriquecedora información en un grupo determinado de trabajo, donde el centro de su metodología se basa en un trabajo en equipo y lo que son capaces de aportar cada uno de ellos respecto de un problema determinado.

El braintorming o tormenta de ideas, busca generar un ambiente cómodo y agradable donde un equipo de personas busca generar soluciones, propuestas, en general “ideas” para realizar una actividad; ya sea alguna mejora, la elaboración de un proyecto, búsqueda de soluciones para una empresa, etc. Esta metodología se ve limitada por sus principios, donde los requisitos para realizar una buena tormenta de idea son los siguientes:

1- Definir el tema o problema a tratar.

2- Establecer a un conductor de la Actividad.

3- Explicar las reglas de Trabajo.

4- Emitir y registrar ideas sin efectuar conclusiones.

5- Generar lista de ideas, no criticar las ideas ni repetirlas.

6- Terminar la actividad cuando cesen las ideas respecto del tema o problema.

7- Analizar, evaluar y organizar las ideas evaluando su utilidad en función de lo que se busca como equipo.

Es importante recalcar que bajo esta metodología se generan muchas variantes a respetar, donde va ser de vital importancia la planificación y organización de la actividad y como los participantes se ven involucrados en esta misma.

Conclusión:

Sin más decir, considerando las condiciones de la empresa (TECNICAL LTDA) que estamos estudiando y su problemática, queda evidenciado que esta metodología no es aplicable a la empresa ya que esta no cuenta con equipos de trabajo ni tiene un departamento definido de mantención.

La Investigación y propuesta de mejora, se ve acotada a una búsqueda de soluciones individuales donde es solo un mantenedor el encargado de resolver dicha problemática.

3.2.2 Análisis de Causa Raíz (RCA)

Esta herramienta de gestión está enfocada a solucionar la causa raíz de un problema, donde no busca atacar los síntomas de dicha problemática (análisis y conclusiones), sino encontrar que está produciendo dichos síntomas y trabajar en la raíz del problema. Este análisis genera resultados preventivos para futuras posibles fallas en procesos de trabajos y/o equipos.

Para realizar un buen RCA se busca hacer el análisis bajo una metodología de trabajo, donde seguir esta metodología le dará una certeza al analista de que sus conclusiones son verídicas respecto del problema tratado.

A continuación, definimos algunas pautas a considerar para realizar un RCA (Metodología):

1- **Recopilación de Información**: para empezar el análisis se recomienda una recopilación de información (Documentos fiables), tales como; planos de la instalación, manual de equipos que han fallado y equipos relacionados, registros de operación, registros de mantenimiento, historial de averías, informes técnicos, comunicaron escrita (conclusiones técnicas de los mantenedores y operarios).
2- **Inventario de daños; establece que cosa genera cada daño.**
3- **Listado e hechos significativos relacionados con los daños.**
4- **Listado de las posibles causas que pueden generar cada daño observado.**
5- **Descartar causas imposibles.**
6- **Estableces causas posibles.**
7- **Establecer conclusiones con respaldos verídicos.**
8- **Secuencia de fallos; orden de los sucesos.**
9- **Metodología de los (5 ¿Por qué?)**; esta metodología es las más empleada en los RCA, donde su objetivo es encontrar la raíz del problema respondiendo a "5 ¿Por qué sucedió este suceso? Y luego volver a repetirlo, así encontrar que

está generando los sucesos desde su origen. De esta manera en analista busca atacar y establecer soluciones a la raíz del problema y no trabajar con los síntomas que estos generan.

10- **Ishikawa**: En los RCA, es común visualizar todas las posibles causas que están generando los o el problema a través un diagrama de Espina de Pescado (Diagrama de Ishikawa).
11- **Establecer Soluciones.**
12- **Establecer Planes Preventivos**: se generan planes preventivos para una buena mantención de las soluciones arrojadas por este análisis.

Conclusión:

Esta herramienta de gestión ha demostrado que es muy eficaz cuando se cumplen con los puntos observados anteriormente, ello nos permitirá realizar un RCA de forma exitosa, lamentablemente TECNICAL LTDA, no cumple con algunos de ellos, lo que haría que nuestro análisis fuera poco confiable, incluso con soluciones que carezcan de veracidad.

En el Punto 1; (Recopilación de Información) nos encontramos que la empresa no lleva registros de planos, manuales, métodos de operación en los equipos, tampoco cuanta con historiales de fallas, ni informes técnicos. Esto genera un vacío en el RCA que no nos permite avanzar bajo una correcta metodología.

Tampoco cumple con el Punto 2,3 y 8 de la metodología, teniendo ausencia de estos requisitos.

Bajo esta realidad esta metodología podría ser empleada, pero se estiman dificultades considerables para desarrollarla, debido a la condición actual de la empresa.

3.2.3 Diagrama de Pareto.

En este principio se plantea que en un caso (X), el 80% de las consecuencias se generan por el 20% de las causas. Vilfredo Pareto su creador postula este principio en una metodología de carácter empírica (basada en experiencias) que por su gran eficacia es confirmada por diversos autores posteriormente.

"El diagrama de Pareto consiste en un gráfico de barras que clasifica de izquierda a derecha en orden descendente las causas o factores detectados en torno a un fenómeno"

Esto nos permite concentrar nuestros esfuerzos en aquellos problemas que representan ese 80%.

En este sentido, utilizamos el Gráfico de Pareto para:

- La mejora continua
- El estudio de implementaciones o cambios recientes (cómo estaba antes – cómo esta después)
- Análisis y priorización de problemas

Metodología del Diagrama:

"Una aclaración importante es que, no hay pasos específicos dependiendo del fenómeno que se analiza con el diagrama, es decir, la metodología siempre va a ser la misma, aunque el lenguaje en que se explica sea diferente."

1. **Determina la situación problemática**: ¿Hay un problema? ¿Cuál es?
2. **Determina los problemas (causas o categorías)** en torno a la situación problemática, incluyendo el período de tiempo.
3. **Recolecta datos**: Hay una situación problemática presentándose y tienes las posibles causas que lo generan, pues entonces comienza a recolectar los datos. Estos dependerán de la naturaleza del problema. Por ejemplo, número de defectos si analizamos averías en un producto, costo de desperdicios de acuerdo al tipo de desperdicio, kilogramos de carga por tipo de producto. Recuerda que las unidades deben ser las mismas, nada de mezclar peras con manzanas. Recuerda también que el periodo de tiempo es el mismo para todos, si vas a recolectar los datos pertenecientes a un trimestre, debe ser igual para todas las causas.
4. **Ordena de mayor a menor**: Ordenamos de mayor a menor las causas con base en los datos que recolectamos y su medida. Si es el número de veces que se presenta un evento será por cantidad, si es por costo de desperdicios según el tipo de producto, será en unidades monetarias, por ejemplo.

5. **Realiza los cálculos**: A partir de los datos ordenados, calculamos el acumulado, el porcentaje y el porcentaje acumulado. En el ejemplo te muestro detalladamente cómo hacerlo.

6. **Graficamos las causas**: El eje X lo destinamos a colocar las causas. Vamos a usar eje Y izquierdo y eje Y derecho. El izquierdo es para la frecuencia de cada causa, lo usamos para dibujarlas con barras verticales.

7. **Graficamos la curva acumulada**: El eje Y derecho es para el porcentaje acumulado, por lo tanto, va desde 0 hasta 100%. Lo usamos para dibujar la curva acumulada.

8. **Analizamos el diagrama**.

(ingenioempresa. (2014). Diagrama de Pareto. 6 de diciembre del 2018, de Copyright © 2018 Ingenio Empresa Sitio web: https://ingenioempresa.com/diagrama-de-pareto/)

Conclusión:

Esta herramienta de gestión puede ser aplicable y utilizada por al menos un mantenedor, donde a través de datos genéricos y específicos. Efectuando la recopilación de ellos, se puede llegar a conclusiones certeras y resultados exitosos, debido a que la empresa no cuenta con departamentos formados, documentación escrita, ni equipos de mantención, se acota la posibilidad aplicar herramientas de gestión, mas esta herramienta tiene la capacidad de ser aplicada individualmente, donde la recopilación de información puede ser menos documentada que las demás, pero aun así certeza.

Por tanto, esta herramienta es la más aplicable y la que vamos a utilizar en este proyecto (ver Capitulo 4 /4.2 (Análisis VGPL Principio de Pareto).

3.3 P&ID

¿Qué es un P&ID?

Un diagrama de tuberías e instrumentación o P&ID muestra las tuberías y los componentes relacionados del flujo de un proceso físico. Se utiliza más comúnmente en el campo de la ingeniería.

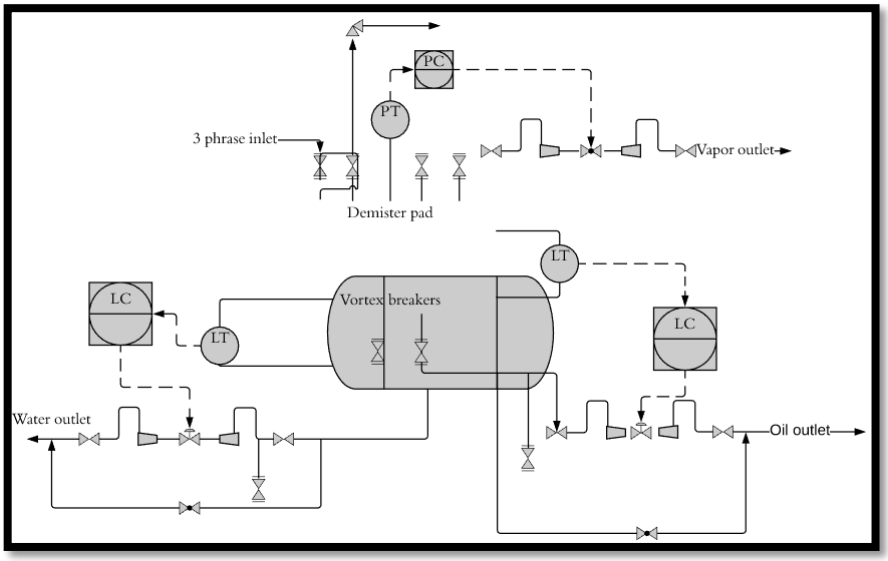


Figura 2
P&ID.

Función y propósito de los P&IDs

"Los P&IDs son fundamentales para el mantenimiento y modificación del proceso que representan gráficamente. En la etapa de diseño, el diagrama también ofrece la base para el desarrollo de esquemas de control del sistema, como el Análisis de Riesgos y Operabilidad (HAZOP, por sus siglas en inglés)."

En el caso de las instalaciones de procesamiento, se trata de una representación gráfica de:

- Los detalles clave de las tuberías e instrumentación
- Los esquemas de control y apagado
- Los requisitos de seguridad y normativa
- La información básica de arranque y operación

Cuándo usar los P&IDs y quién los usa:

"Los P&IDs son una ilustración esquemática de la relación funcional de las tuberías, la instrumentación y los componentes de equipo del sistema usados en el campo de la instrumentación y control o de la automatización. Generalmente son creados por ingenieros que están diseñando un proceso de producción para una planta física."

"Los P&IDs son usados por técnicos, ingenieros y operadores especializados en el campo para comprender mejor el proceso y cómo la instrumentación está interconectada. También pueden ser útiles en el entrenamiento de trabajadores y contratistas."

¿Cuáles son las limitaciones de un P&ID?

"Ya que los P&IDs son representaciones gráficas de procesos, tienen algunas limitaciones propias. No se los puede considerar modelos reales, porque no necesariamente se los dibuja a escala o con precisión geométrica. Además, no existe para ellos un estándar universal generalmente aceptado, por lo que pueden tener una apariencia diferente de una compañía a otra (o incluso dentro de la misma compañía) en función de los estándares internos, el tipo de sistema de software que se utilice y las preferencias de quien los crea. Por esa razón, es importante diseñar y revisar la documentación que se concentra en los aspectos prácticos de los documentos de apoyo."

Principios básicos de organización del P&ID

"Como documento principal, el P&ID se debe organizar con una progresión lógica. Debe proporcionar una ilustración concisa y fácil de entender de todo el equipo que se debe incluir en el flujo del proceso, información de alerta en torno a riesgos, medidas de protección y fallas potenciales para que se puedan eliminar o reducir a un mínimo los errores. Ayudará a apoyar el desarrollo de los procedimientos operativos y de mantenimiento. Como guion gráfico del proceso, es una forma de ver que los cambios se puedan realizar de forma segura y eficiente por medio de la Gestión de cambios."

¿En qué consisten los P&IDs?

"Los P&IDs desempeñan un papel esencial en el mundo de la ingeniería de procesos para mostrar la interconectividad, pero no necesariamente incluyen las especificaciones. Las especificaciones generalmente se proporcionan en documentos por separado. No obstante, son increíblemente útiles de muchas formas, entre ellas:"

- Evaluar procesos de construcción
- Servir como base para la programación de controles
- Desarrollar pautas y estándares para el funcionamiento de las instalaciones

- Elaborar documentos que expliquen cómo funciona el proceso
- Aportar un lenguaje común para debatir sobre las operaciones de la planta
- Diseñar una distribución conceptual de una planta química o de fabricación

(Lucidchart. (Diciembre del 2008). P&ID. 6 de diciembre del 2018, de Lucid Software Inc. Sitio web: https://www.lucidchart.com/pages/es/que-son-los-diagramas-de-tuberias-e-instrumentacion).

Capítulo 4: Diseño y Solución

4.1 Flujograma de termopanelera. (Anexo, Figura14)

4.2 Análisis VGPL mediante Principio de Pareto

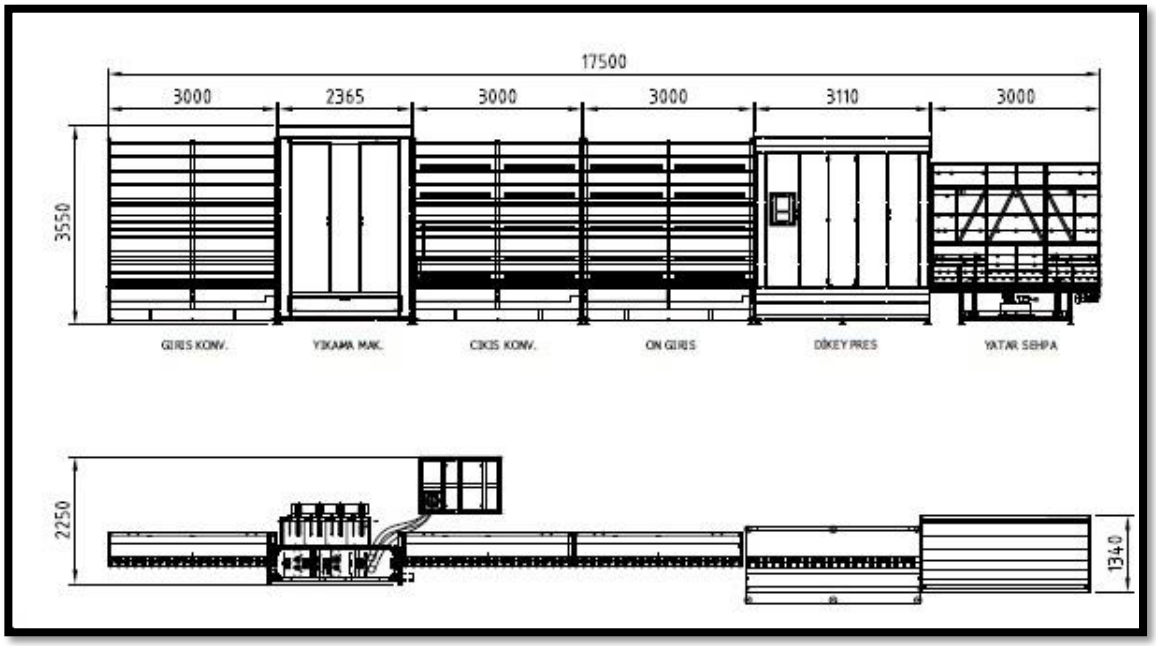


Figura 3
Equipo VGPL
Fuente: (http://www.cmsmachine.com)

Comenzando el análisis del equipo se definen las principales fallas al que este está sometido respecto de los vidrios que son procesados en él. Para ello se observó durante dos meses y encuestando a los operadores se define que:

El equipo a analizar consta con tres principales etapas en serie, donde se ve sometido a un proceso definido. (funcionamiento óptimo).

Primero entra a una recámara de lavado y secado las cuales están funcionando simultáneamente, mientras el vidrio pasa por esta etapa.
El tiempo de duración va depender directamente con las dimensiones del vidrio, aproximadamente tiene la capacidad de procesar vidrios de 3m de ancho por 2,5m de alto.

Luego que el vidrio se retira del proceso de limpieza (lavado y secado), se encuentra con un operador, este está encargado de pegar los espaciadores antes que sean prensados. Finalmente, el par de vidrios entra a la última etapa del equipo, donde se prensan mediante un sistema neumático y de esta manera se forma la estructura principal de un termopanel.

Si bien es cierto en su funcionamiento ideal este equipo debería tener una mina intervención de operadores, se han encontrado intervenciones permanentes, las cuales aparte de retrasar el proceso de producción del equipo, dan cuenta de fallas considerables en sus componentes.

Por ello se implementa el principio de Pareto para intervenir de manera eficaz las principales fallas que genera la mayor cantidad de problemas.

Fallas identificadas y problemas frecuentes directamente relacionadas con el equipo (VGPL)

1- Lavado Incorrecto: Después de salir de la recamara de lavado, aún hay presencia de partículas de polvo y grasas.

2- Secado Incorrecto: Después de salir de la recamara de secado, se encuentra el vidrio húmedo y presencia de agua.

3- Prensado Incorrecto: Después de salir de la etapa de prensado, se da cuenta de un desplazamiento dimensional en la pareja de vidrios.

4- Medidas Incorrectas: Al finalizar el proceso existe una diferencia de dimensiones en los vidrios ya prensados.

5- Separador Incorrecto: La dimensión o tipo de separador no está correctamente asignada al vidrio procesado.

6- Pagado Incorrecto: El termopanel al final de proceso muestra espacios con ausencia de pegamento o separaciones por falta de prensado.

Al definir las principales fallas, se analiza la frecuencia en que estas fallas se ven presentes en el proceso.

Para ello se tomaron muestras reales de:

- Dimensiones promedio de vidrios procesados; Pequeña envergadura, Mediana Envergadura y Gran Envergadura.

- Cálculo estimativo de la cantidad de vidrios procesados en ocho horas de trabajo.

- Tiempo que se demora el operador e equipo de trabajo en solucionar cada una de estas fallas.

Para aterrizar los datos se genera una tabla en una planilla EXCEL. (Anexo (Tabla 22)), con los parámetros más relevantes a considerar, los cuales generarían cambios importantes en el desarrollo de la producción.

A continuación, el resultado de la planilla en grafica (Pareto)

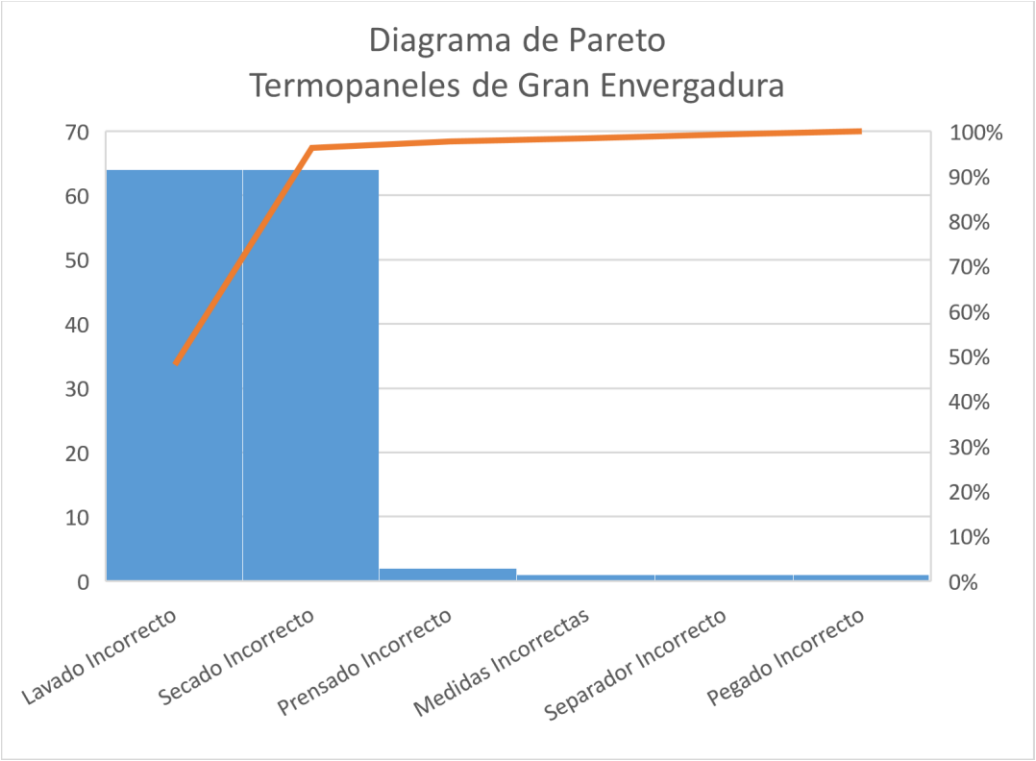


Figura 4
Diagrama
Fuente: Microsoft Excel (origen personalizado)

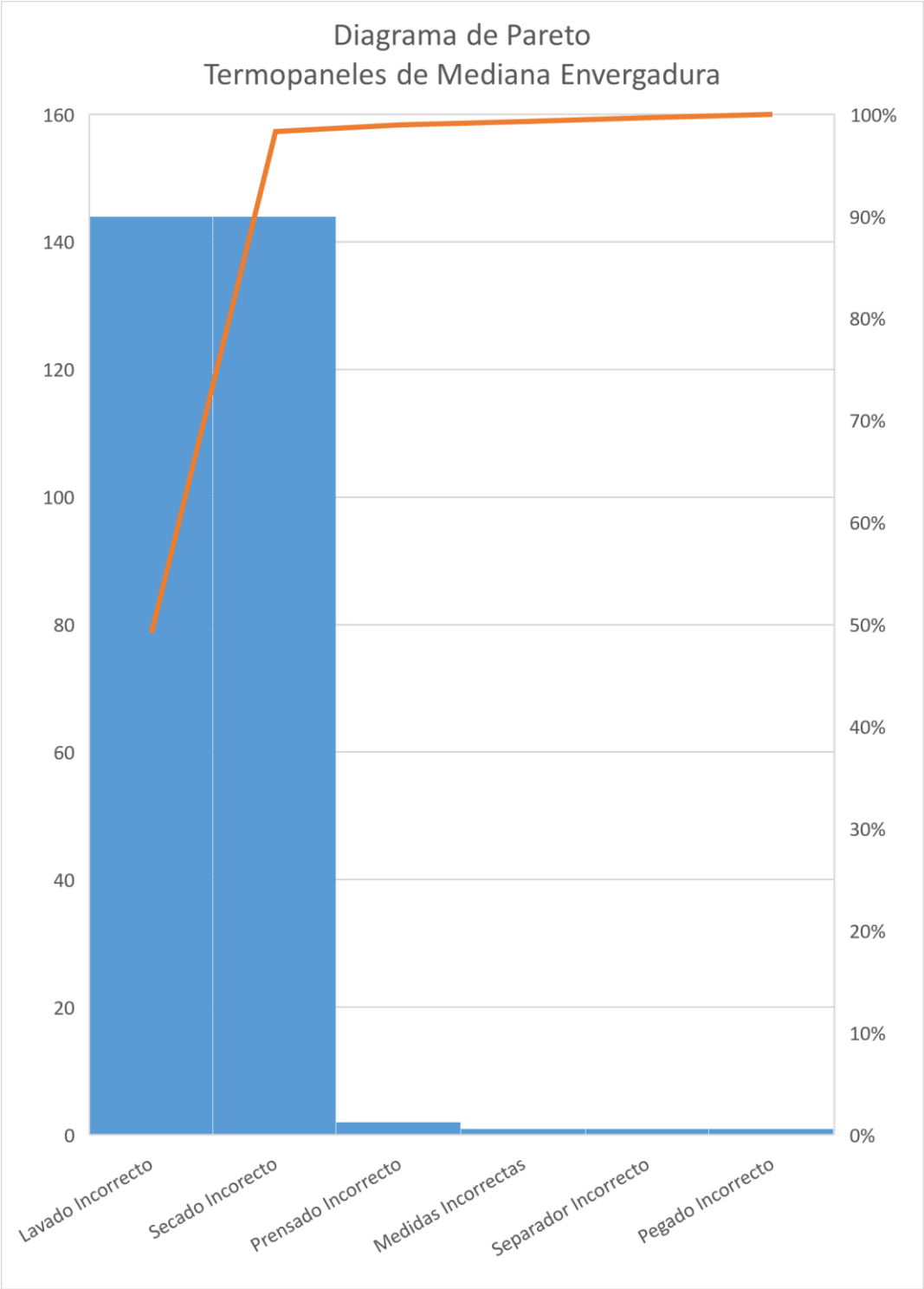


Figura 5
Diagrama
Fuente: Microsoft Excel (origen personalizado)

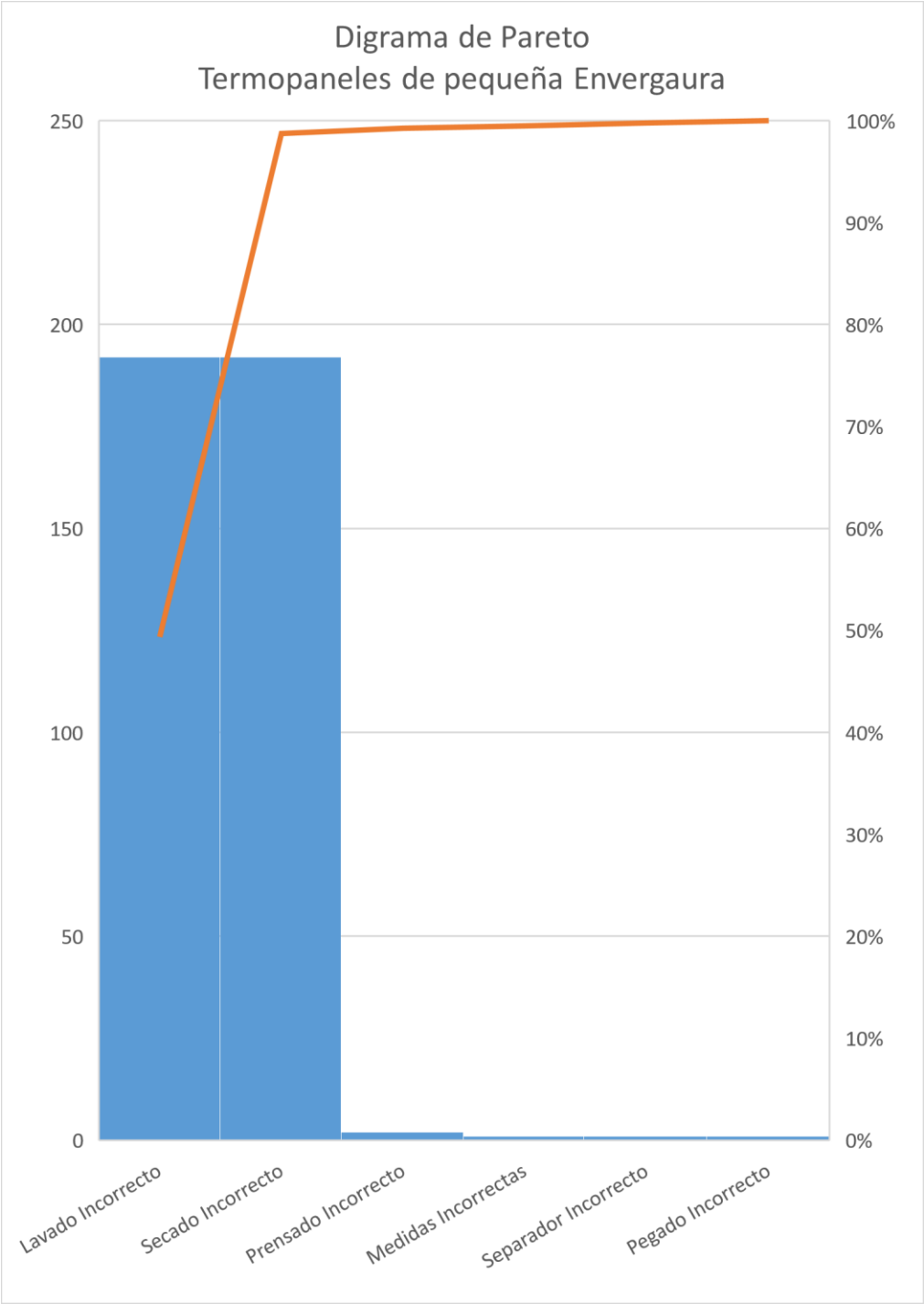


Figura 6
Diagrama
Fuente: Microsoft Excel (origen personalizado)

4.3 Análisis del Proceso de Lavado y Secado

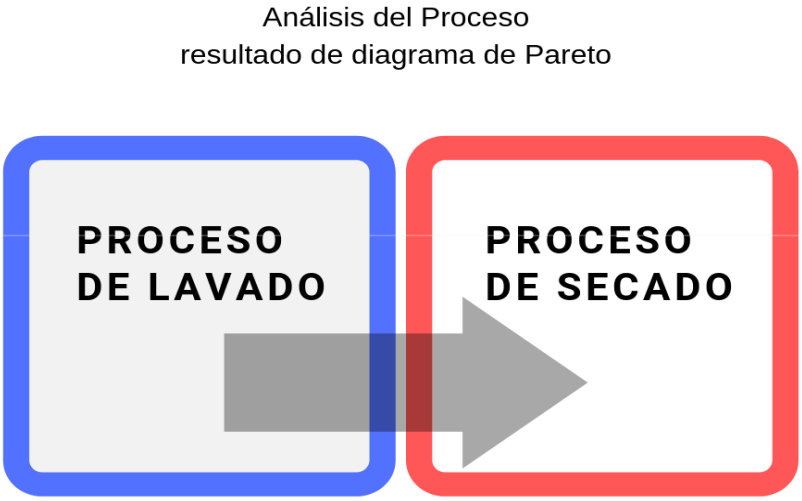


Figura 7
Fuente: Elaboración Propia.

Para comenzar el análisis de la problemática, concluimos mediante Pareto (Figura 4, 5, 6) que las causas principales y más frecuenten se encuentran en la sección de lavado y secado como muestra la siguiente figura: (Figura 8 VGPL (sección: proceso lavado y secado)).

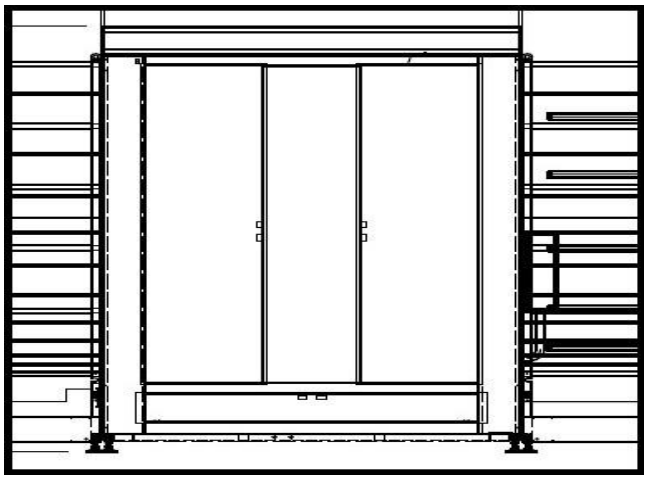


Figura 8
VGPL (SECCION: PROCESO LAVADO Y SECADO)
Fuente: (http://www.cmsmachine.com)

Este equipo, en esta sección cuenta con dos recamaras, de izquierda a derecha la primera es; lavado del vidrio y la segunda; secado del vidrio (Figura 11), en el siguiente análisis vamos a priorizar que proceso será más conveniente intervenir.

Para ello definimos que:

Proceso de lavado: El lavado del vidrio en esta recamara está sustentado por un sistema de bombas que impulsan agua desde una piscina (figura9), mediante cañerías que descargan el agua dentro de la recamara donde pasa el vidrio (figura10).

Figura 9
Fuente: Empresa TECNICAL LTDA.

Figura 10
Fuente: Empresa TECNICAL LTDA.

Proceso de Secado: El secado del vidrio en su sección se genera mediante aire, generado desde una turbina alimentado por un motor eléctrico, impulsado por las aspas de la turbina el aire llega a la sección de secado a través flexibles (figura11).

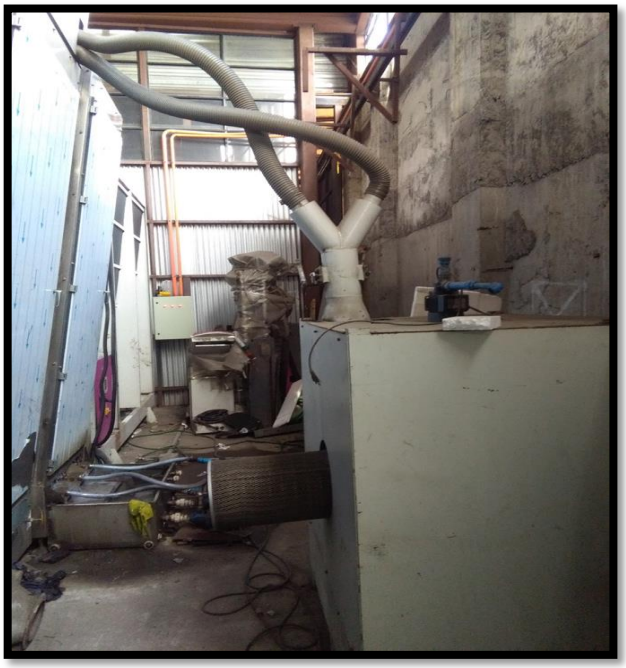


Figura 11
Fuente: Empresa TECNICAL LTDA.

Al realizar la inspección a ambos procesos, se encontraron una serie de fallas y problemáticas.

Problemas en Proceso de Lavado:

1- Bombas sin mantención.
2- Cañerías tapadas.
3- Filtros tapados.
4- Aguas sucias.
5- Sistema de Resistencias anulada.
6- Sistemas de mediciones anulados.

Problemas de Proceso de Secado:

1- Sistema de resistencia anulada.
2- Filtros tapados.
3- Motor sin mantención.
4- Turbina sin mantención.
5- Sistema de mediciones anulado.

Al considerar las fallas y su proceso en sí, definimos que al intervenir solo el proceso de lavado mejoraríamos más de un 80% la problemática que genero el diagrama de Pareto, esto se justifica ya que;

- Aumentando la temperatura de aire que seca el vidrio, **no** mejoraríamos la limpieza del vidrio después que salga de su proceso.
- Aumentando la temperatura del agua, la limpieza del vidrio sería más eficaz, al sacar mayor cantidad de residuos de las paredes del vidrio
- Con una temperatura más elevada del agua, aumentaría considerablemente el secado del vidrio en el "proceso de secado".

Al definir estos puntos, aparte de identificar la opción más adecuada para intervenir también se reconsidera la posibilidad de una opción de mejora para el proceso de lavo, de esta manera tener una opción durable en el tiempo, económica, y que pueda recuperar la productividad del proceso mediante una buena mantención.

4.4 Plan de Acción para mejora del Proceso de Lavado

Figura 12
Fuente: Elaboración propia.

Para generar una propuesta de mejora tenemos que identificar que parámetros se pueden mejorar. El proceso de lavado se separa en dos partes, una exterior (Figura 9) y una interior (Figura 10), la sección interior después de ser evaluada no tiene mayores problemas, compuesta por cañerías con orificios controlados para la expulsión de agua, y un sistema de rodillos para su transmisión junto con cerdas de caucho para la limpieza del vidrio. Esta sección funciona de una manera regular/optima, no teniendo mayor necesidad de intervenirla, más la sección exterior con el sistema de impulsión, regulación de flujo, temperatura y limpieza del agua, se encuentra en mal estado viéndose la necesidad de intervenir esta sección con alguna propuesta de mejora, proponemos que:

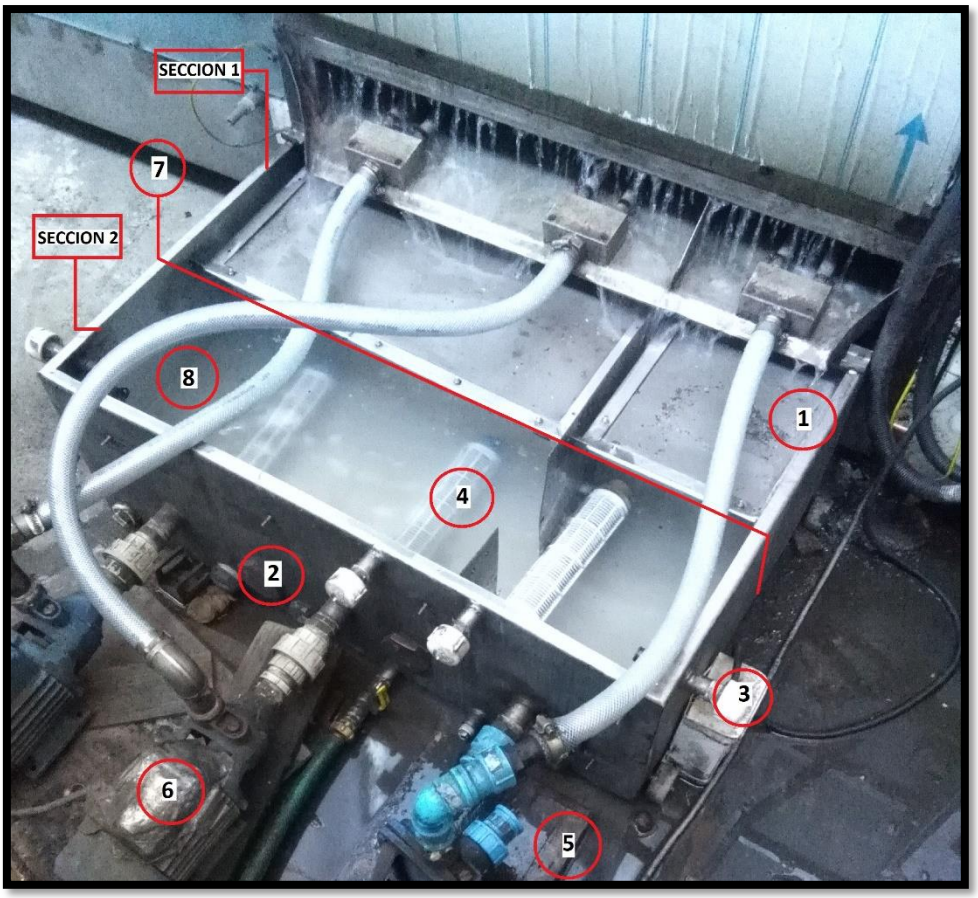


Figura 13
Puntos a Intervenir en propuesta de Mejora.
Fuente: Tecnical Ltda. Elaboración Propia.

- **Rediseño de la piscina, reinstalación de calefactores de inmersión;** La piscina con forma de prisma rectangular tiene una envergadura de 94cm de largo, 60cm de ancho y una altura de 32cm. Siendo estas sus dimensiones, posee un volumen de 180480cm^3 (180,48 L) donde aproximadamente se llena con 100 L de agua a una altura de 18cm desde el fondo los cuales son recirculados en el sistema cerrado que posee. Esta tiene un sistema de calefacción, que calienta el fluido mediante tres calefactores de inmersión (Figura13, punto2), los cuales elevan la temperatura del agua y así efectuar la limpieza correcta y eficaz del vidrio en dicho proceso.

  Observaciones: Debido a la cantidad de agua a calentar y temperatura que estiman tener, se necesitan tres calefactores de 2000W de potencia (cada unidad), estos están anulados en el sistema actual por falta de mantención y problemas de incrustación de partículas (agua sucia) en dichas resistencias.
  La piscina consta con un sistema de filtros en el retorno (Figura 13, punto1) del fluido antes de entrar a la piscina para seguir con el ciclo del proceso, los cuales se ven sobrecargados por la mala calidad del agua no pudiendo filtrar

afectivamente el agua. Por esta razón existe una cantidad considerable de material particulado en el fondo de la piscina (Figura 13, punto8).

Mejora: Debido a las condiciones actuales del agua, la mala calidad de esta y como se ve colapsado el sistema por las condiciones ambientales del equipo, se propone dividir la estructura de la piscina en dos (Figura13, punto7). Interviniendo en su ancho con una pared divisoria y así separar dos estanques (Figura13, seccion1 y seccion2), con ello podemos seccionar el sistema y separar procesos;

Seccion1: En esta sección se propone instalar un sistema nuevo de filtrado antes de direccionar el agua a la **sección 2**, el agua en esta sección es recibida del retorno del proceso, donde se encuentra la presencia total suciedad. Por esta razón la instalación de filtros exclusivos para esta sección es de vital importancia para mejorar la calidad del agua pre-limpiado del vidrio.

Seccion2: En esta sección, al disminuir el volumen de agua, se propone reinstalar el sistema de Calefactores de Inmersión (solo con un calefactor), el cual sería suficiente para elevar la temperatura del agua. Además de instalar una tapa y hacer un estaque cerrado para ayudar a la hermeticidad de este, se abastecería de agua mediante una bomba externa que succionaría agua de la sección1 a la sección 2 pasando por el nuevo sistema de filtrado.

- **Retirar y cambiar filtros en sistema de succión pre-bombas;** Los filtros (Figura 13, punto 4) están ubicados en la succión de agua de las bombas, aparte de tener un Qmax no acorde al Qmax de las bombas, están ubicados en el fondo la piscina.

  Observaciones: Al no tener una relación directa en el caudal de succión filtro/bomba este sistema se ve colapsado, obstruyendo de manera considerable el flujo de agua por filtros tapados. La ubicación de los filtros se considera no optima ya que, al encontrarse dentro de la piscina, hay que retirar toda el agua para cambiar los filtros de manera adecuada y al encontrarse ubicados en el fondo de la piscina, el material particulado que decanta en el fondo de esta obstruye más rápido las mallas que los filtros poseen disminuyendo la vida útil de estos.

  Mejora: Corrigiendo los problemas encontrados se propone cambiar filtros con un Q adecuado respecto de su relación con las bombas, además de reubicar estos fuera de la piscina (en un porta filtro) para facilitar el recambio y así no intervenir agresivamente el proceso de lavado cambiando toda el agua de la piscina; con ello también anulamos el problema de obstrucción por estar ubicados en el fondo de la piscina aumentando la vida útil de estos.

- **Cambio de bombas;** Las bombas (Figura13, punto6) existentes en este proceso se encuentran sin mantención y con problemas considerables de fugas de agua (problemas en sellos mecánicos, posición, entre otros). También se encuentran sobre dimensionadas respecto de su caudal y altura máxima a alcanzar.

  Observaciones: Respecto del estado de las bombas, la reparación y mantención no existente, se encuentran trabajando de manera deficiente, con fugas de aguas en alguna de ellas, con presencia de polvo en su conjunto (problemas de temperatura), mantienen el sistema propenso a una falla por mala posición y no alineamiento del conjunto, entre otros (Figura15, punto5). Además de esto las bombas con su capacidad de succión tapan los filtros por tener Qmax no proporcionales a ellos.

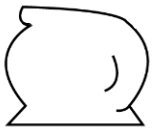
  Mejora: En cuanto costos de mantención y reparación, considerando también el sobredimensionamiento de ellas en el proceso, se propone comprar bombas nuevas siendo esta opción la más favorable para la mejora, con caudales adecuados, menor precio, mejor calidad (fabricantes), además de ubicarlas de manera adecuada, con una base resistente y alineadas al sistema de alimentación y succión de agua.

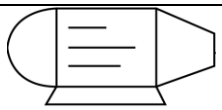
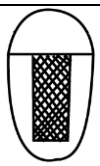
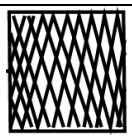
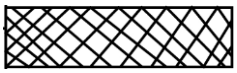
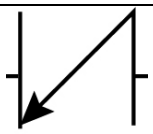
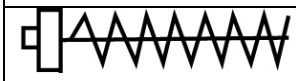
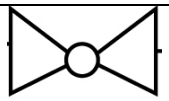
  Nota: En este plan de acción los sistemas de medición se consideran conceptualmente y no tan relevantes, debido a que en el proceso no genera altos niveles de Temperatura, Tampoco de Presión y el nivel de Fluidos se puede verificar a simple vista. Analizando costos, beneficios y mantención se estima opcional aplicar dichos sistemas.

4.5 P&ID Proceso actual y Propuesta de Mejora.

Para organizar y realizar el P&ID se genera una tabla con los componentes relevantes e ilustración grafica para los planos (Tabla1).

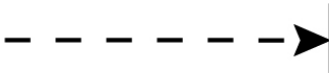
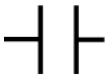
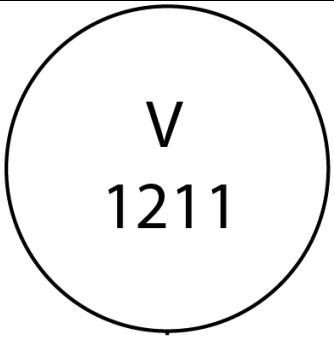
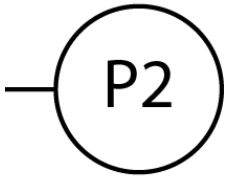
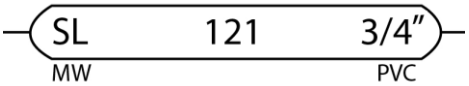
Tabla 1
Simbología P&ID
Fuente: Elaboración Propia

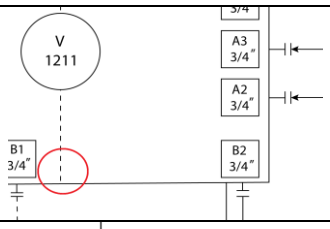
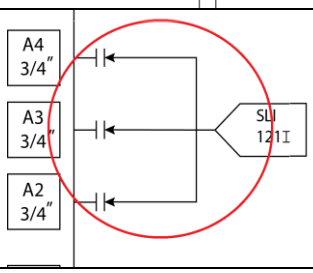
Símbolo	Tag y/o Descripción	Especificaciones
	Bomba Centrifuga **CP**: centrifugal pump.	-P&ID (Figura15): Bomba centrifuga 1 Hp -P&ID (Figura16): Bomba Centrifuga 1,5 Hp

	Bomba Periférica **PP:** peripheral pump.	-Bomba Periférica 0,5 Hp
	Carcasa Porta Filtro **PF:** Porta Filtro.	-Carcasa portafiltro polipropileno 3/4"x2,75" **PF4:** (Figura16) filtro externo Sunsun CPF-6000
 	Filtro **F.**	-Filtro Rosca Bronce 1” -Filtro hilado 10x2.75 20 micras
	Válvula Check	-Válvula Check 1”
	Calefactor de Inmersión **ER:** electric resistance.	-Calefactor 1" NPT / 2000W -220V
	Válvula de Globo	-Válvula de Globo ¾ “
	Estanque Abierto **V:** Estanque	-Estanque (94 cm) * (60 cm) * (32 cm)

También para una correcta interpretación de los planos (Anexos, Figura 15, Figura 16.) Definimos simbologías e interpretaciones relevantes.

Tabla 2
Siglas y simbologías del Plano P&ID.
Fuente: Elaboración Propia.

Símbolos	Descripción
	-Entrada y salida de procesos. -(SA): Proceso de donde viene o a dónde va el fluido. -(121): Proceso actual donde circula el fluido.
	-Conducto Flexible y dirección del fluido.
	-Conducto Rígido y dirección del fluido.
	-Uniones de Conductos (flanges, roscas, abrazaderas, etc.)
	-Identificación de Equipo (estanque). - (V): Tipo de Equipo. - (1211): Ubicación por código del Equipo; Area del Proceso, Seccion del Proceso, Grupo de Equipo y Unidad del Equipo.
	-Indicadores del estanque; Entrada, Salida y Niveles. - (A1): Tipo de Indicador. - (3/4"): Diámetro del conducto.
	-Indicadores de Conductos.
	-Especificaciones del Conducto. -(SL): Designación del Servicio. -(121): Código de especificación Global. -(3/4"): Diámetro del conducto.

	-(MW): Tipo de Fluido. -(PVC): Material del Conducto.
	-Círculo rojo: División del Estanque o pared divisoria.
	-Círculo Rojo: Caída libre del Fluido, Retorno al Estanque.

Otras siglas y simbologías:

Tabla 3
Siglas y Simbologías.
Fuente: Elaboración Propia

Siglas	Definición en el Plano
SL	Sección de Lavado
SLI	Sección de Lavado Interior
1211	Codigo de la Sección de Lavado Equipo 1
121	Codigo de la Sección de Lavado
MW	Agua Potable
PVC	Material Termo Plástico
RH	Manguera de Caucho (rubber hose)
A	Entradas
B	Salidas
L	Nivel
P	Presión
T	Temperatura
D	Desagües
SA	Servicio de Agua Potable
V	Código del Estanque, (Recipiente de Almacenamiento)

Nota: ***Se estima que a raíz de estas definiciones y especificaciones realizadas de los diferentes equipos, secciones y partes del P&ID (Tabla1, Tabla2, Tabla3.) se puede interpretar los planos (Figura15, Figura16.)***

4.6 Plantilla Básica de Mantenimiento para Operador (Anexo, Tabla 6).

Capítulo 5: Evaluación Técnica y Económica

5.1 Cotos asociados a Horas/ Hombre (HH) VGPL y Termopanelera.

Actualmente la empresa por operador de esta máquina gasta $300.000 (aprox.) mensuales, con 45hrs semanales (180hrs mensuales) en turnos de 8hrs diarias durante cinco días siendo el sexto día con un horario de 5hrs. Con esta información concluimos que:

$$\frac{\$\ 300.000}{180\ hrs} = \$\ 1.667 \times hora$$

El costo asociado a equipo VGPL 1(HH) es de $1.667.

Tabla 4
HH Y Total de Sueldos por trabajadores.
Fuente: Elaboración propia.

Cargos en la empresa	Sueldos Mensuales
Supervisor	$ 400.000
Operador 1 VGPL	$ 400.000
Operador 2 VGPL	$ 300.000
Sellador 1	$ 300.000
Sellador 2	$ 300.000
Cortador de Vidrios	$ 150.000
Cortador de Espaciadores	$ 300.000
Butilador	$ 300.000
Total:	**$ 2.450.000**

Observación: El sueldo mensual de Operador 1 VGPL está asignado por antigüedad de este en la empresa, más se asigna normalmente para este trabajo $300.000 mensuales.

A continuación, se realiza el cálculo de HH con el total de Sueldos Mensuales;

$$\frac{\text{Total Sueldo Mensual}}{\text{Horas Mensuales}} = HH$$

Resultado:

$$\frac{\$2.450.000}{180\text{hrs}} = \$13.600 \times Hora\ (total\ de\ trbajadores)$$

Dividimos el resultado por la cantidad de trabajadores y así estimar el costo de HH por trabajador:

$$\frac{\$13.600}{8\ (\text{trabjadores})} = \$1.700 \times hora$$

El costo promedio de HH asociado a los trabajadores en Termopanelera es de $1.700.

5.2 Perdidas en horas asociadas a resolver fallas y/o problemas en producción. (Equipo VGPL)

A continuación, se arroja el resultado de muestras reales tomadas en terreno, donde el operador ejecuta la reparación o corrección de las fallas más comunes asociadas a este equipo, estas involucran un gasto de tiempo determinado dentro del horario laboral.

Las pérdidas de tiempo en que el operador ejecuta la solución de alguna falla, dependerá directamente del tamaño del vidrio procesado en el equipo. Por ello se consideró un promedio de vidrios procesados y de sub-dividió en tres categorías;

Vidrios de Gran Envergadura. Promedio de muestra: (1366cm × 2360cm).
Vidrios de Mediana Envergadura. Promedio de muestra: (595cm × 1109cm).
Vidrios de Pequeña Envergadura. Promedio de muestra: (425cm × 430cm).

Tabla 5
Vidrios de Gran Envergadura
Fuente: Elaboración propia.

PRINCIPALES PROBLEMAS	Pérdidas de Tiempo en corregir Problemas (Horas/Minutos/Segundos)
Lavado Incorrecto	0:00:40
Secado Incorrecto	0:00:40
Prensado Incorrecto	0:30:00
Medidas Incorrectas	0:18:00
Separador Incorrecto	0:04:00
Pegado Incorrecto	0:01:00
Total Tiempo Bruto:	**0:54:20**

Tabla 6
Vidrios de Mediana Envergadura
Fuente: Elaboración propia.

PRINCIPALES PROBLEMAS	Pérdidas de Tiempo en corregir Problemas (Horas/Minutos/Segundos)
Lavado Incorrecto	0:00:27
Secado Incorrecto	0:00:27
Prensado Incorrecto	0:20:00
Medidas Incorrectas	0:15:00
Separador Incorrecto	0:04:00
Pegado Incorrecto	0:01:00
Total Tiempo Bruto:	**0:40:54**

Tabla 7
Vidrios de Pequeña Envergadura
Fuente: Elaboración propia.

PRINCIPALES PROBLEMAS	Pérdidas de Tiempo en corregir Problemas (Horas/Minutos/Segundos)
Lavado Incorrecto	0:00:09
Secado Incorrecto	0:00:09
Prensado Incorrecto	0:08:00
Medidas Incorrectas	0:07:00
Separador Incorrecto	0:04:00
Pegado Incorrecto	0:00:30
Total Tiempo Bruto:	**0:19:48**

Antes de realizar o calcular el total de tiempo gastado por todos los problemas, consideramos la muestra que se tomó en terreno, con los porcentajes y frecuencia de dichas fallas en el producto (Tabla 8, Tabla9, Tabla10).

Vidrios de Gran Envergadura: 64 vidrios procesados en 8hrs.
Vidrios de Mediana Envergadura: 144 vidrios procesados en 8hrs.
Vidrios de Pequeña Envergadura: 192 vidrios procesados en 8hrs.

- **Para calcular el Tiempo Total ocupamos la siguiente formula:**

$$\textbf{Perdida de Tiempo en Corregir Problemas} \times \textbf{Presencia de fallas en muestra de 8hrs} = \boldsymbol{Tiempo\ Total}.$$

- **Para calcular el % ocupamos la siguiente formula:**

$$\frac{Tiempo\ Total}{\text{Suma del Tiempo Total}} = \%$$

Tabla 8
Muestra de 64 Vidrios en 8hrs.
Fuente: Elaboración propia.

PRINCIPALES PROBLEMAS	Presencia de Fallas en muestra de 8hrs.	Pérdidas de Tiempo en corregir problemas.	Tiempo Total	%
Lavado Incorrecto	64	0:00:40	0:42:40	30%
Secado Incorrecto	64	0:00:40	0:42:40	30%
Prensado Incorrecto	2	0:30:00	1:00:00	28%
Medidas Incorrectas	1	0:18:00	0:18:00	9%
Separador Incorrecto	1	0:04:00	0:04:00	2%
Pegado Incorrecto	1	0:01:00	0:01:00	0%
	Totales:	**0:54:20**	**2:48:20**	**100%**

Tabla 9
Muestra de 144 Vidrios en 8hrs.
Fuente: Elaboración propia.

PRINCIPALES PROBLEMAS	Presencia de Fallas en muestra de 8hrs.	Pérdidas de Tiempo en corregir problemas.	Tiempo Total	%
Lavado Incorrecto	144	0:00:27	1:04:48	39%
Secado Incorrecto	144	0:00:27	1:04:48	39%
Prensado Incorrecto	2	0:20:00	0:40:00	16%
Medidas Incorrectas	1	0:15:00	0:15:00	5%
Separador Incorrecto	1	0:04:00	0:04:00	1%
Pegado Incorrecto	1	0:01:00	0:01:00	0%
	Totales:	**0:40:54**	**3:09:36**	**100%**

Tabla 10
Muestra de 193 Vidrios en 8hrs.
Fuente: Elaboración propia.

PRINCIPALES PROBLEMAS	Presencia de Fallas en muestra de 8hrs.	Pérdidas de Tiempo en corregir problemas.	Tiempo Total	%
Lavado Incorrecto	192	0:00:09	0:28:48	41%
Secado Incorrecto	192	0:00:09	0:28:48	41%
Prensado Incorrecto	2	0:08:00	0:16:00	13%
Medidas Incorrectas	1	0:07:00	0:07:00	4%
Separador Incorrecto	1	0:04:00	0:04:00	1%
Pegado Incorrecto	1	0:00:30	0:00:30	0%
	Totales:	**0:19:48**	**1:25:06**	**100%**

Conclusiones:

Según los resultados obtenidos en tablas anteriores (Tabla5,6,7,8,9,10 y 11) y resultados de Diagrama de Pareto (Figura 4,5 y 6) (Anexo, Tabla 22), se concluye que:

1- En vidrios de Gran Envergadura por Problemas de lavado y Secado se pierden:

- 1:25:20 (una hora / veinticinco minutos / veinte segundos).

Tiempo de perdida en horas diarias por el operador: 1,4hrs.

2- En vidrios de Mediana Envergadura por Problemas de lavado y Secado se pierden:

- 2:09:36 (dos horas/ nueve minutos / treinta y seis segundos).

Tiempo de perdida en horas diarias por el operador: 2,2hrs.

3- En vidrios de Pequeña Envergadura por Problemas de lavado y Secado se pierden:

- 0:57:36 (cero horas / cincuenta y siete minutos / treinta y seis segundos).

Tiempo de perdida en horas diarias por el operador: 0,9hrs.

Tabla 11
Costos por Fallas de Lavado y Secado (HH) VGPL.
Fuente Elaboración propia.

HH diarias perdidas por fallas	Valor HH termopanelera	Pérdida diaria	Pérdida mensual	Pérdida anual
1,4	$ 1.700	$ 2.380	$ 428.400	**$5.140.800**
2,2	$ 1.700	$3.740	$673.200	**$8.078.400**
0,9	$ 1.700	$1.530	$275.400	**$3.304.800**

Pérdidas de Producción.

Se dividen las muestras de 64, 144, 192 Vidrios en proceso (VGPL) por las 8hrs diarias de trabajo:

$$\frac{64}{8} = 8\ (vidrios\ procesados\ por\ hora)$$

$$\frac{144}{8} = 18\ (vidrios\ procesados\ por\ hora$$

$$\frac{192}{8} = 24\ (vidrios\ procesados\ por\ hora)$$

Tabla 12
Perdida de PRODUCCION por Unidad de Vidrios Procesados.
Fuente: Elaboración propia.

HH diarias perdidas por fallas	Cantidad de Vidrios procesados en 1 hora (Gran, Mediana y Pequeña Envergadura)	Pérdida diaria	Pérdida mensual	Pérdida anual
1,4	8	11,2	2016	**24192**
2,2	18	39,6	7128	**85536**
0,9	24	21,6	3888	**46656**

5.3 Análisis de precios por Termopanel Terminado.

Actualmente la empresa Tecnical Ltda.(Termopanelera) se abastece como principal proveedor de Vidrios Lirquen con ubicación en: (Camino Público a Lirquén S/N, Lirquén, Penco, Región del Bío Bío). Como muestra para esta avaluación económica se considera el vidrio más vendido por la termopanelera, se abastece de tres principales vidrios, haciendo la diferencia en su espesor.

Tabla 13
Precios Vidrios Lirquen
Fuente: Departamento de Ventas Tecnical LTDA.

Espesor de Vidrio para Fabricación de Termopanel.	Precios por metro cuadrado.
3mm	$ 2.115 × m²
4mm	$ 3.050 × m²
5mm	$ 3.966 × m²

Observación: El vidrio de espesor 4mm es el más vendido actualmente para termopaneles.

Producción de Termopaneles terminados

Para estimar los costos de termopaneles terminados se toman en cuenta los siguientes parámetros (gastos mensuales):

- **Electricidad:** Gasto mensual de $747.000 ÷ 2500m² (venta mensual de vidrios)
  Total : $299.
- **Polisulfuro:**
  Total: $1.237.
- **Butilo:**
  Total: $500.
- **Sales:**
  Total: $172.
- **Cristal(Vidrio):**
  Total: 3mm $ 2.115.
  Total: 4mm $ 3.050.
  Total: 5mm $ 3.966.

A continuación, calculamos Precio Mínimo de Venta por Termopanel Terminado (3mm, 4mm, 5mm).

Tabla 14
Precio de Venta Cristal 3mm
Fuente: Elaboración Propia.

Gastos Mensuales		Precios
Electricidad		$ 299
Polisulfuro		$ 1.237
Butilo		$ 500
Sales	+	$ 172
Total gastos:		**$ 2.208**
Cristal 1		$ 2.115
Cristal 2		$ 2.115
Total cristales:		$ 4.230 × 25% Perdidas (producción)
Total:		$ 5.288 + Total gastos.
Costo total gastos más cristales:		**$ 7.496**
HH	+	$ 1.700
Costo de Fabricación		**$ 9.196** × 15% Ganancia (venta)
Precio Mínimo de Venta		**$ 10.575**

Tabla 15
Precio de Venta Cristal 4mm
Fuente: Elaboración Propia.

Gastos Mensuales		Precios	
Electricidad		$ 299	
Polisulfuro		$ 1.237	
Butilo		$ 500	
Sales	+	$ 172	
Total gastos:		**$ 2.208**	
Cristal 1		$ 3.050	
Cristal 2		$ 3.050	
Total cristales:		$ 6.100	× 25% Perdidas (producción)
Total:		$ 7.625	+ Total gastos.
Costo total gastos más cristales:		**$ 9.832**	
HH	+	$ 1.700	
Costo de Fabricación		**$ 11.532**	× 15% Ganancia (venta)
Precio Mínimo de Venta		**$ 13.262**	

Tabla 16
Precio de Venta Cristal 3mm
Fuente: Elaboración Propia.

Gastos Mensuales		Precios	
Electricidad		$ 299	
Polisulfuro		$ 1.237	
Butilo		$ 500	
Sales	+	$ 172	
Total gastos:		**$ 2.208**	
Cristal 1		$ 3.966	
Cristal 2		$ 3.966	
Total cristales:		$ 7.932	× 25% Perdidas (producción)
Total:		$ 9.915	+ Total gastos.
Costo total gastos más cristales:		**$ 12.123**	
HH	+	$ 1.700	
Costo de Fabricación		**$ 13.823**	× 15% Ganancia (venta)
Precio Mínimo de Venta		**$ 15.896**	

Conclusiones:

Se considera de la (Tabla 12) la pérdida anual de producción por fallas en el proceso, a ello se le divide por dos ya que los termopaneles están compuestos por dos cristales y calculamos los costos asociados a dicha producción:

Tabla 17
Calculo pareja de cristales
Fuente: Elaboración propia.

Muestra de Producción	Pérdida anual	Cantidad de termopaneles (par de Cristales)
Gran Envergadura	24192	12096
Mediana Envergadura	85536	42768
Pequeña Envergadura	46656	23328

Con la cantidad de termopaneles armados multiplicamos dicha cantidad por el precio mínimo de venta para vidrios de 4mm ya que es el vidrio más vendido por Tecnical Ltda. Así realizamos la estimación más cercana de ganancia por termopanel terminado.

Tabla 18
Calculo Ventas Perdidas por fallas.
Fuente: Elaboración propia.

Muestra de Producción	Cantidad de termopaneles anuales (par de Cristales)	Precio Mínimo de venta Cristal 4mm.	Ventas Perdidas por Fallas (Anualmente).
Gran Envergadura	12096	**$ 13.262**	**$ 160.417.152**
Mediana Envergadura	42768	**$ 13.262**	**$ 567.189.216**
Pequeña Envergadura	23328	**$ 13.262**	**$ 309.375.936**

Descontamos el 85% a las Ventas Perdidas por Fallas, para sacar el margen neto de las ganancias perdidas.

Tabla 19
Calculo Ganancia neta perdida por Fallas.
Fuente: Elaboración propia.

Muestra de Producción	Ventas; Perdidas por Fallas (Anualmente).	Ganancia neta perdida por fallas (15%)
Gran Envergadura	**$ 160.417.152**	**$ 24.062.573**
Mediana Envergadura	**$ 567.189.216**	**$ 85.078.382**
Pequeña Envergadura	**$ 309.375.936**	**$ 46.406.390**

5.4 Resultados Financieros.

Tabla de cotización; materiales y Mano de Obra.

Tabla 20
Materiales y Mano de Obra.
Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

Materiales Para Propuesta de Mejora	Catidad	Precio c/u	Total
Base de Madera para bombas	1	$ 15.000	$ 15.000
Bomba Periferica 0,5 hp	3	$ 44.572	$ 133.716
Cañeria PVC 3m 1"	2	$ 2.990	$ 5.980
Union Americana PVC 1"	6	$ 3.230	$ 19.380
Codos PVC 1"	12	$ 254	$ 3.048
Carcasa Porta Filtro	3	$ 15.690	$ 47.070
Valvula Check	3	$ 1.760	$ 5.280
Vinilit	1	$ 2.729	$ 2.729
Tee PVC	3	$ 398	$ 1.194
Lija	6	$ 130	$ 780
Torinillo HE	3	$ 250	$ 750
Niple He/He	3	$ 540	$ 1.620
Filtro	3	$ 3.790	$ 11.370
Terminales PVC	7	$ 320	$ 2.240
Calefactor de Inmersion	3	$ 53.550	$ 160.650
Bomba Centrifuga 1,5 hp	1	$ 320.000	$ 320.000
Filtro Externo Sedimentos	1	$ 179.990	$ 179.990
Total Materiales			**$ 910.797**
Mano de Obra			
Elaboracion Base de Madera			$ 15.000
Instalacion de Calefactores			$ 25.000
Instalacion de Placa divisoria (estanque) acero Inoxidable / Placa Incluida/			$ 100.000
Instalacion de Sistema General (Bombas y accesorios)			$ 80.000
Total Mano de Obra			$ 220.000

Flujo de Caja con proyección a tres meses; para desarrollar la ganancia neta que la empresa efectúa a lo largo de un mes desarrollamos las siguientes operaciones: dividimos la ganancia neta por pérdidas anuales (tabla 20) por los doce meses del año y así obtener la ganancia mensual neta.

$$\frac{\text{Ganancia neta perdida por falla (Anualmente)}}{\text{12 (Meses del Año)}} = \text{Ganancia Mensual}$$

$$\frac{\$85.078.382}{\text{12 (Meses del Año)}} = \$7.089.865$$

El costo de la inversión está reflejado en la suma de: Total Materiales más Total Mano de Obra (tabla 21).

$$\$910.797 + \$220.000 = \$\mathbf{1.130.797}$$

En la siguiente tabla (tabla 22), muestra los márgenes netos de ganancia desde el primer mes hasta el tercer mes, en el mes numero 1 a la ganancia mensual antes calculada de $7.089.865 se resta el costo de la Inversión ($1.130.797); de esta manera al final del primer mes que recuperada la inversión y con un amplio margen de ganancia.

Resultado del Flujo de Caja

Tabla 21
Flujo de caja.
Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3
Flujo de Caja	**- $ 1.130.797**	**$ 5.959.068**	**$ 13.048.933**	**$ 20.138.798**

Recuperación del Capital

Según un cálculo estimativo antes de 7 días trabajados se auto paga el proyecto de mejora y en adelante se estiman ganancias considerables donde los costos de mantenimiento se consideran imperceptibles respecto de las entradas de la empresa (pos-mejora).

Conclusiones Generales

1- Las herramientas de gestión como metodologías y modalidades de mejora continua en los procesos de mantención son muy fiables, más analizados los aspectos internos de la empresa, se acotan las posibilidades de aplicar dichas herramientas, buscando solamente la más viable para este proyecto.

2- Respecto a los resultados obtenidos, mediante la Herramienta de Gestión utilizada (Diagrama de Pareto) concluimos que el Lavado y Secado de los vidrios termopaneles generan el mayor porcentaje de problemas en el estudio de la Propuesta de Mejora.

3- Al realizar el análisis de los procesos se concluye que no es necesario intervenir invasivamente los dos procesos en cuestión, sino uno de ellos, que, al estar unidos en serie, produce cambios considerables en ambos.

4- Los resultados de las evaluaciones económicas en las horas hombre (HH) y costos de falla, arrojan pérdidas considerables en la empresa, donde la propuesta de mejora reduce los tiempos muertos y recuperan un gran porcentaje de la producción efectiva en el equipo intervenido.

5- Debido a los resultados obtenidos en este proyecto, se deja una documentación fiable para sostener en el tiempo la propuesta de mejora; en ellos se encuentran planilla de mantención, planos P&ID para intervenir si fuera necesario dichos procesos y flujograma del proceso general.

Bibliografía

Revista especializada en cerramientos (ventanas y puertas), muros cortina y fachada ventilada (VANO). Publicación oficial 2017-2018. Obtenido de página Web Oficial. http://www.vano.cl/index.php/es/articulos-tecnicos/item/82-termopanel-mucho-mas-que-un-par-de-vidrios.

Página Web Oficial Administración, Finanzas, Economía (Gestiopolis). Sales Matías. (2002, julio 28). *Diagrama de Pareto*. Recuperado de https://www.gestiopolis.com/diagrama-de-pareto/.

Software, (Lucidchart) herramienta de diagramación. Definición de P&Id. Página Web Oficial. Revisión de Publicación 2018. https://www.lucidchart.com/pages/es/que-son-los-diagramas-de-tuberias-e-instrumentacion

Redes de Fluidos 2018. Presentación virtual. Profesor Marcelo Quiroz. Concepción 2018.

Anexos

Tabla 22
Parámetros de Problemas (VGPL)
Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel).

Termopaneles de gran Envergadura	Produccion en 8 hrs de Trabajo					
PRINCIPALES PROBLEMAS	Muestra de Defectos en 64 Termopaneles	Perdidas de Tiempo por Problema	Tiempo Total	%	Acumulado	% Acumulado
Lavado Incorrecto	64	0:00:40	0:42:40	30%	0:42:40	30%
Secado Incorrecto	64	0:00:40	0:42:40	30%	1:25:20	61%
Prensado Incorrecto	2	0:30:00	1:00:00	28%	2:25:20	89%
Medidas Incorrectas	1	0:18:00	0:18:00	9%	2:43:20	98%
Separador Incorrecto	1	0:04:00	0:04:00	2%	2:47:20	100%
Pegado Incorrecto	1	0:01:00	0:01:00	0%	2:48:20	100%
	TOTAL	**0:54:20**	**2:48:20**	**100%**		
Termopaneles de mediana Envergadura	Produccion en 8 hrs de Trabajo					
PRINCIPALES PROBLEMAS	Muestra de Defectos en 144 Termopaneles	Perdidas de Tiempo por Problema	Tiempo Total	%	Acumulado	% Acumulado
Lavado Incorrecto	144	0:00:27	1:04:48	39%	1:04:48	39%
Secado Incorrecto	144	0:00:27	1:04:48	39%	2:09:36	78%
Prensado Incorrecto	2	0:20:00	0:40:00	16%	2:49:36	94%
Medidas Incorrectas	1	0:15:00	0:15:00	5%	3:04:36	99%
Separador Incorrecto	1	0:04:00	0:04:00	1%	3:08:36	100%
Pegado Incorrecto	1	0:01:00	0:01:00	0%	3:09:36	100%
	TOTAL	**0:40:54**	**3:09:36**	**100%**		
Termopaneles de pequeña Envergadura	Produccion en 8 hrs de Trabajo					
PRINCIPALES PROBLEMAS	Muestra de Defectos en 192 Termopaneles	Perdidas de Tiempo por Problema	Tiempo Total	%	Acumulado	% Acumulado
Lavado Incorrecto	192	0:00:09	0:28:48	41%	0:28:48	41%
Secado Incorrecto	192	0:00:09	0:28:48	41%	0:57:36	82%
Prensado Incorrecto	2	0:08:00	0:16:00	13%	1:13:36	95%
Medidas Incorrectas	1	0:07:00	0:07:00	4%	1:20:36	99%
Separador Incorrecto	1	0:04:00	0:04:00	1%	1:24:36	100%
Pegado Incorrecto	1	0:00:30	0:00:30	0%	1:25:06	100%
	TOTAL	**0:19:48**	**1:25:06**	**100%**		

Tabla 23
Planilla Básica de Mantención (Proceso de lavado, Piscina).
Fuente: Elaboración Propia(Microsoft Excel).

Maquina:	Dias del mes que se ejecuto la actividad.																													
Proceso:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Actividades a Realizar por el OPERADOR																															
Acividades Diarias																															
1- Limpiar Area de trabajo																															
2- Chequear nivel del Agua en piscina de lavado																															
3- Verificar cebado de bombas perifericas																															
4- Limpiar filtros pre-piscina/ Retorno del fluido																															
Actividades Semanales																															
1- Limpieza de Filtros																															
2-Cambio de agua / piscina																															
3- Limpieza de piscina / sedimentos																															
4- Verificaciones de presion en bombas																															
5- Limpieza superficial de componentes																															
Actividades Mensuales / Personal de mantencion																															
1- Cambio de filtros **si es necesario**																															
2- Limpieza de cañerias **si es necesario**																															
3- Mantncion Interna de componentes **si es necesario**																															

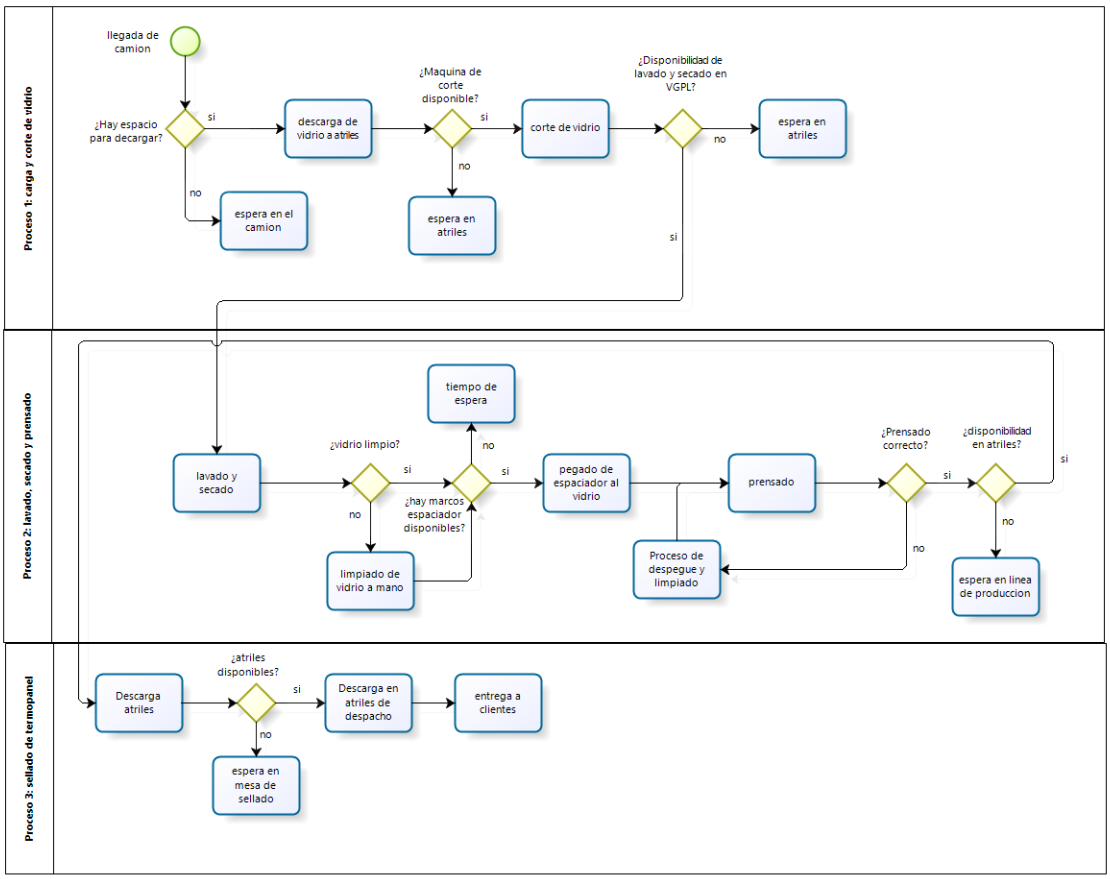


Figura 14
Flujograma de termopanelera Tecnical LTDA.
Fuente: Elaboración Propia (Bizagi).

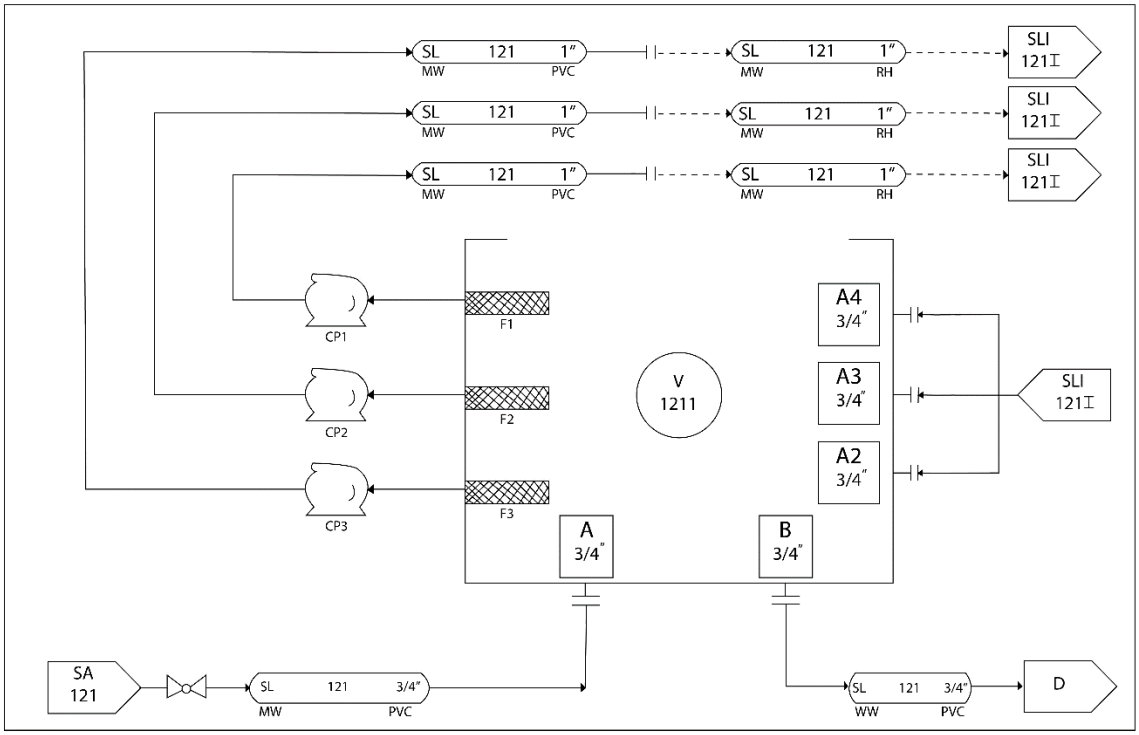


Figura 15
Plano P&ID proceso actual (especificaciones Tabla:1, Tabla:2.)
Fuente Elaboración Propia.

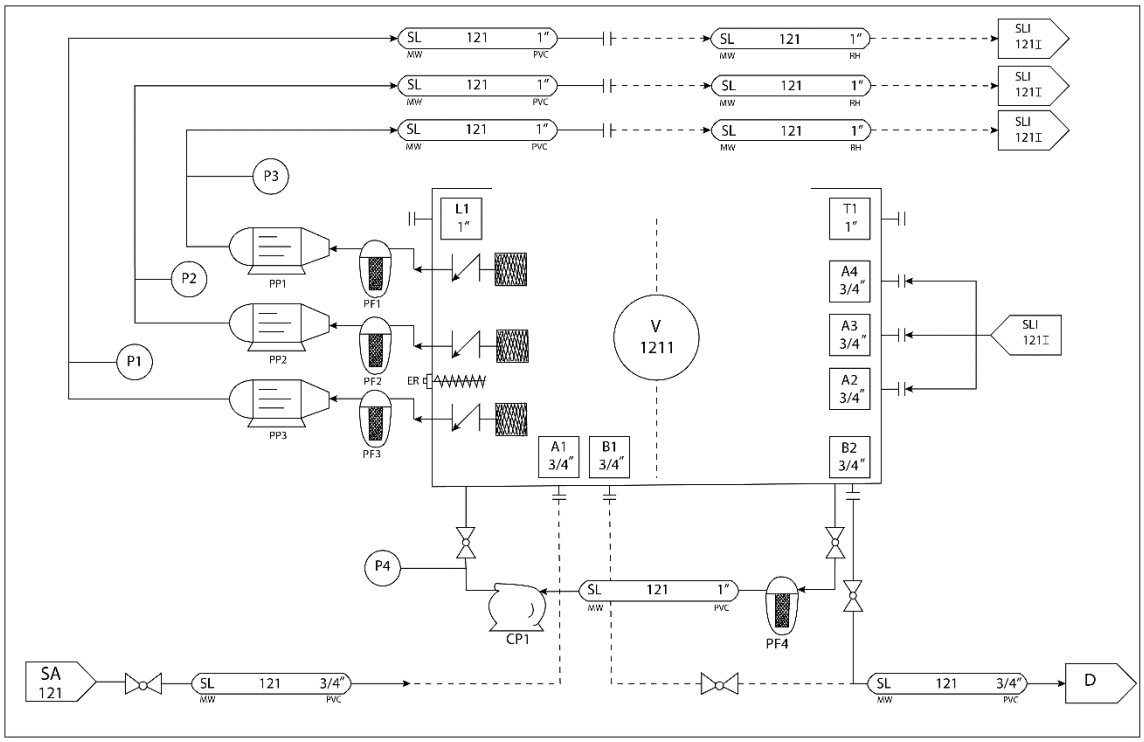


Figura 16
Plano P&ID propuesta de mejora (especificaciones Tabla:1, Tabla:2.)
Fuente Elaboración Propia.