



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Diseño e implementación de una línea de producción de filtros de agua artesanales para las zonas afectadas por el terremoto"

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIEROS INDUSTRIALES

Presentado por:

Tabata Dayanna Moyano Fuentes

Jorge Andrés Velasco Ramos

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

AGRADECIMIENTOS

Por el desarrollo y éxito de este proyecto queremos agradecer en primer lugar a Dios, por su cuidado, por su fidelidad y por ayudarnos en todas las situaciones presentadas durante todo este tiempo.

En segundo lugar, queremos agradecer a todas las personas que hicieron posible avanzar con los objetivos del proyecto y que gracias a su intervención se logró implementar la línea de producción. La Ph.D. Denise Rodríguez por su tutoría y seguimiento, al Movimiento Mi Cometa por su interés en el proyecto y su contribución a conectarnos con lugares afectados, a FEPOL y su presidenta Olga Larrea por su donación para iniciar el proyecto, a Anna Martenson por su donación para continuar desarrollando los filtros de agua y al club UGA por brindarnos un espacio, ayuda y colaboración.

En tercer lugar, queremos agradecer a nuestras familias por su paciencia y por su colaboración para nosotros y este proyecto.

Y finalmente yo Jorge Velasco agradezco a Dayanna Moyano por su entrega y esfuerzo para desarrollar este proyecto.

Yo Dayanna Moyano agradezco a Jorge Velasco por su dedicación y esfuerzo para lograr los objetivos de este proyecto.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Tabata Dayanna
Moyano Fuentes

Autor 1



Jorge Andrés
Velasco Ramos

Autor 2



Ph.D. Denise Rodríguez Z.

Tutor de materia
Integradora

RESUMEN

El presente proyecto se basa en el desarrollo de la aplicación de metodologías y herramientas para diseñar e implementar una línea de producción de filtros de agua artesanal.

Para lograr el objetivo general primero se definió el problema que existía en las comunidades afectadas a causa del terremoto. Se desarrolló a su vez, un análisis de demanda para determinar el porcentaje adecuado de participación en el mercado de agua potable.

Bajo el conocimiento de la necesidad de damnificados, se desarrolló el diseño de los filtros gracias a la investigación realizada por 2 estudiantes de la carrera de Ingeniería en Minas. Bajo este concepto se aplicó herramientas como explosión de materiales para determinar qué y cuánto material usar por cada filtro producido.

Luego se realizó un análisis de proceso en la cual se aplicó herramientas como el flujo de proceso de ensamble y SIPOC. A base de este conocimiento, se analizó los recursos como el manejo de personal y flujo de materiales a través de la línea de producción.

Con las entradas obtenidas en la primera parte, se procedió a diseñar el layout usando la herramienta del Systematic Layout Planing (SLP). Luego se procedió a realizar un análisis financiero para determinar el presupuesto y si el proyecto es viable realizando un análisis del TIR, VAN y Pay Back.

Gracias a las donaciones obtenidas por parte de FEPOL y dos voluntarias de nacionalidad alemana, se procedió a realizar la compra de los materiales para implementar las estaciones de la línea de producción que actualmente se encuentra ubicada en un aula de la facultad de EDCOM.

Se determinó aplicar simulación comparando dos escenarios para lograr la mejora en la eficiencia de la línea de producción implementada. Finalmente, se aplicó herramientas como estudio de tiempos, balanceo de línea, cartas de control y generación de causas por parte de los pasantes quienes aplicaron mejora continua en puntos críticos de la línea.

Palabras Clave: Diseño, proceso, simulación, estudio de tiempos, mejora continua

ABSTRACT

This project is based on application of methodologies and tools to design and implement a production line for artisan water filters.

To achieve the objectives, it was defined the problem that existed in the communities affected by the earthquake. At the same time, it was made a demand analysis to find the percentage of participation in the market that provides drinking water.

Under the knowledge of the need of the population, the design of filters was developed thanks to the study done by 2 students of engineering in Mines. Under this concept, the tools as explosion of materials was used to determine what and how many materials the filter needs to be constructed.

Then took place the process analysis in which the tools such as flow assembly and SIPOC were applied. In base of this knowledge, resources such as personnel management and material flow were analyzed to develop the production line.

With inputs obtained in the first part, we proceeded to design the plant using Systematic Layout Planning (SLP). Then a financial analysis was made to determine the budget and if the project is viable by IRR, NPV and Pay Back analysis.

Thanks to the donations obtained from FEPOLE and two students of German nationality, the materials were bought to implement the stations of the production line that it is currently located in a classroom of the faculty of EDCOM.

It was determined to compare two scenarios applying simulation to achieve improve the efficiency of the production line implemented. Finally, the tools such as time study, line balancing, and statistical control chart were applied by interns who applied continuous improvement in critical points of the line.

Keywords: Design, process, simulation, time study, continuous improvement

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	iii
RESUMEN.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	iv
ÍNDICE GENERAL	vi
ABREVIATURAS.....	viii
SIMBOLOGÍA	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	3
1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.1.1 Situación actual	3
1.1.2 Situación contemporánea	5
1.2 Definición del problema.....	7
1.2.1 ¿Qué?	7
1.2.2 ¿Cuándo?.....	7
1.2.3 ¿Dónde?.....	7
1.2.4 ¿Cómo?.....	7
1.2.5 ¿Por qué?.....	7
1.3 Oportunidad identificada	8
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivos generales	8
1.4.2 Objetivos específicos	8
1.5 Alcance	9
1.6 Limitaciones	9
1.7 Marco teórico	9
CAPÍTULO 2.....	15
2. METODOLOGÍA.....	15
2.1 Análisis de las condicionantes del diseño.....	15
2.1.1 Segmento de mercado.....	15
2.1.2 Voz del cliente	17

2.1.3	Requerimientos del cliente	18
2.1.4	Localización de la planta.....	19
2.2	Diseño del filtro	20
2.2.1	Componentes del filtro	20
2.2.2	Características del filtro de agua.....	22
2.2.3	Funcionamiento del filtro de agua	22
2.3	Diseño del proceso	23
2.3.1	Macroproceso	23
2.3.2	Flujo de proceso	25
2.3.3	Sistema de producción	27
2.3.4	Diagrama SIPOC	28
2.4	Diseño de la línea de producción	29
2.4.1	Manejo de materiales.....	29
2.4.2	Manejo de personal	32
2.5	Propuesta de diseño	34
2.5.1	Relación de actividades	34
2.5.2	Análisis de espacio	39
2.5.3	Propuesta de alternativas de diseño	41
2.5.4	Evaluación de alternativas de diseño	43
2.6	Diseño de layout	45
2.7	Planificación de la implementación.....	46
CAPÍTULO 3.....		48
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		48
3.2	Análisis financiero	62
3.2.1	Datos.....	63
3.2.2	Procedimiento	63
3.2.4	Indicadores.....	65
3.3	Mejoracontinua.....	65
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		66
BIBLIOGRAFÍA.....		68
Apéndice A		71
Apéndice B		76
Apéndice C		84

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
EDCOM	Escuela de Diseño y Comunicación Visual
FEPOL	Federación de Estudiantes Politécnicos del Litoral
ONG	Organización no Gubernamental
SIPOC	Proveedores Entradas Proceso Salidas Clientes
CEE	Cuerpo de Ingenieros del Ejército
SGR	Secretaría de Gestión de Riesgo
OTIDA	Operación Transporte Inspección Demora Almacenaje
SLP	Plan Sistemático de Layout
MRP	Plan de requerimiento de material
JIT	Justo a Tiempo
OPT	Tecnología de producción optimizada
TOC	Teoría de Restricciones
DBR	Tambor Cuerda y Amortiguador
LOP	Producción Orientada a la Carga
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
PVC	Policloruro de Vinilo

SIMBOLOGÍA

m	Metro
cm	Centímetro
m ²	Metro cuadrado
l	Litro
ml	Mililitro
kg	Kilogramo
g	Gramo
"	Pulgada
%	Porcentaje
\$	Dólares
s	Desviación

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Nivel de operación de agua potable	6
Figura 2.1 Chamanga	17
Figura 2.2 Refugio Nueva Esperanza, Babahoyo.....	17
Figura 2.3 Identificación de necesidades	18
Figura 2.4 Aceptación de propuesta.....	18
Figura 2.5 Requerimientos del cliente	19
Figura 2.6 Ubicación, EDCOM	19
Figura 2.7 Explosión de materiales	20
Figura 2.8 Explosión de componentes del filtro	21
Figura 2.9 Macroproceso.....	23
Figura 2.10 Diagrama de proceso	27
Figura 2.11 Diagrama de flujo de materiales	29
Figura 2.12 Línea de ensamble	30
Figura 2.13 Gaveta estándar	30
Figura 2.14 Diagrama de recorrido.....	31
Figura 2.15 Organigrama.....	32
Figura 2.16 Disponibilidad del personal en un día laborable	34
Figura 2.17 Diagrama de relación entre actividades	37
Figura 2.18 Representación nodal.....	39
Figura 2.19 Propuesta 1	42
Figura 2.20 Propuesta 2	42
Figura 2.21 Propuesta 3	43
Figura 2.22 Propuesta 4	43
Figura 2.23 Propuesta 5	43
Figura 2.24 Plano en 2D del layout propuesto.....	45
Figura 2.25 Plano en 3D del layout propuesto.....	46
Figura 3.1 Entidades	49
Figura 3.2 Locaciones	49
Figura 3.3 Modelo.....	50
Figura 3.4 Estabilización de tiempo de ciclo.....	51
Figura 3.5 Estabilización de inventario	52
Figura 3.6 Utilización	53
Figura 3.7 Diagrama de precedencia	54
Figura 3.8 Diagrama de precedencia balanceado	56
Figura 3.9 Modelo balanceado	57
Figura 3.10 Estabilización de tiempo de ciclo.....	60
Figura 3.11 Estabilización de inventario	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Nivel de operación de los sistemas de agua potable.....	4
Tabla 2 Ubicación y estados de plantas purificadoras de agua.....	5
Tabla 3 Población ecuatoriana según sector urbano/rural	15
Tabla 4 Población rural con acceso agua potable	16
Tabla 5 Población rural con ingresos	16
Tabla 6 Participación del 30% de mercado	16
Tabla 7 Demanda proyectada en 5 años.....	16
Tabla 8 Componentes del filtro.....	20
Tabla 9 Herramientas usadas para la producción	22
Tabla 10 Equipos de seguridad.....	22
Tabla 11 Pasos para construir el filtro de agua	26
Tabla 12 Diagrama SIPOC.....	28
Tabla 13 Requerimiento de personal.....	32
Tabla 14 Horas diarias laborales de pasantes.....	33
Tabla 15 Descripción de actividades propuestas	35
Tabla 16 Representación para importancia de cercanía	36
Tabla 17 Matriz de resultado de la evaluación de la relación entre actividades	37
Tabla 18 Representación gráfica y numérico de criterio de cercanía entre actividades	38
Tabla 19 Simbología de las áreas	38
Tabla 20 Espacio de las áreas	42
Tabla 21 Valores de ponderación.....	44
Tabla 22 Resultado de eficiencia de las propuestas	44
Tabla 23 Plan de implementación	47
Tabla 24 Parámetros	52
Tabla 25 Estaciones y tiempos de operación	54
Tabla 26 Estaciones balanceadas.....	55
Tabla 27 Tiempos por estaciones balanceadas	58
Tabla 28 Diagrama de comparación de Sistemas de control de producción	58
Tabla 29 Escala.....	59
Tabla 30 Utilización por estación.....	60
Tabla 31 Parámetros	61
Tabla 32 Datos para análisis financiero.....	63
Tabla 33 Costo de fabricación.....	64
Tabla 34 Indicadores	65

INTRODUCCIÓN

El 16 de abril del 2016 en Ecuador ocurrió un terremoto de magnitud 7.8 según la escala de Richter, con epicentro en la ciudad de Pedernales. En consecuencia, de esta catástrofe una gran cantidad de estructuras, edificaciones, carreteras y viviendas quedaron destruidas en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, los Ríos, Pichincha y Santa Elena.

En efecto de este suceso las condiciones de vida de los habitantes de las áreas afectadas se vieron afectadas, entre estas el acceso de agua potable, luz, comunicación, salud y vivienda. Siendo el acceso al agua potable una de las más críticas entre ellas, por ser una sustancia imprescindible para la supervivencia de todo ser vivo. Esta condición se vio afectado por 4 principales razones: la destrucción ocasionada por el terremoto afectó considerablemente los sistemas de alcantarillado y agua potable ya que las vías y carreteras quedaron temporalmente suspendidas por las condiciones inestables en resultado al sismo que no permiten la distribución de botellas de agua donadas ni el acceso de tanqueros. La interrupción de energía eléctrica paralizó las plantas potabilizadoras en las diferentes provincias y la destrucción de viviendas provocó que varias familias quedaran sin acceso a agua potable.

En base a la situación que se presenta después del terremoto varias organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, privadas y movimientos particulares responden con diferentes proyectos para solucionar los problemas causados. Entre estas soluciones se encuentran proyectos de mediano y largo plazo como son la restitución del sistema eléctrico, el mantenimiento del sistema de tubería de agua potable, mantenimiento de carreteras y reconstrucción de viviendas, y proyectos de corto plazo como es la distribución de donaciones, campamentos temporales, carpas, botellones de agua, medicina y otros. Una de las organizaciones interesadas en aportar con respuestas inmediatas es la Escuela Superior Politécnica del Litoral, la cual emprende un proyecto para distribuir filtros de agua artesanales a las zonas afectadas por el terremoto.

La Unidad de Vínculos con la sociedad de ESPOL toma la iniciativa de buscar prototipos de filtros de agua creados por estudiantes o profesores dentro de la universidad. En resultado a esta búsqueda se define un prototipo de filtro a bajo costo realizado por los estudiantes de ingeniería en minas Luis Reyes y Denise Quimí bajo la tutoría del Ph.D. Fernando Morante.

Una vez definido el prototipo se decide elaborar el diseño e implementación de una línea de producción para filtros de agua artesanales, proyecto que se lo adiciona entre los temas de materia integradora de la carrera de Ingeniería y Administración de la Producción Industrial (IAPI) de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP).

Posteriormente en la búsqueda de recursos y financiamiento se establece una relación con la ONG Mi Cometa, entidad no gubernamental dedicada a realizar programas de reconstrucción social en el Guasmo de la ciudad de Guayaquil. Esta organización decide realizar el primer financiamiento con el objetivo de proveer a la comunidad de San José de Chamanga en Esmeraldas con 100 filtros de agua, estableciendo el alcance y la demanda inicial del proyecto. En futuras búsquedas aparece la Federación de estudiantes Politécnicos del Litoral (FEPOL) y un grupo de donaciones provenientes de personas naturales en Alemania.

Empezando así con la instalación de una línea de producción de filtros de agua con el objetivo de solucionar temporalmente el problema de acceso de agua potable para las personas afectadas por el terremoto.

CAPÍTULO 1

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

1.1 Antecedentes

El 16 de abril del 2016 ocurrió un terremoto de 7.8 según la escala de Richter con epicentro en Pedernales, en consecuencia, de esta catástrofe muchas zonas cercanas quedaron afectadas en una variedad de aspectos, entre estos, salud, vivienda, acceso a agua potable, luz, comunicación y otras muchas necesidades. A continuación, se presenta un resumen de los reportes emitidos por el Sistema de gestión de Riesgo del país.

1.1.1 Situación actual

Según [1], informe generado el 18 de abril del 2016, muestra resultados sobre la afectación en la operación de los sistemas de agua potable en las provincias afectadas como Esmeraldas y Manabí. En Esmeraldas, la empresa de Empresa de Agua Potable y Alcantarillado San Mateo, que opera en los cantones de Atacames y Río Verde, la operación fue suspendida temporalmente por falta de energía eléctrica y el abastecimiento de agua se lo realizó por medio de tanqueros. En Manabí en cambio, hubo ausencia del servicio de agua potable en todo el centro y norte de la provincia. Además, en Portoviejo, los damnificados se abastecían de agua potable por medio de plantas de tratamiento de agua móvil.

Antes del sismo la cobertura de agua potable por red pública alcanza el 52% de cobertura con una continuidad del 60%; adicionalmente, se cuenta con un 30% de cobertura a través de tanqueros, mismo que varía en función de la continuidad del servicio en la red pública.

Según [2], informe generado el 20 de abril del 2016, muestra el siguiente reporte sobre la operación de los sistemas de agua potable en la provincia de Manabí.

Tabla 1 Nivel de operación de los sistemas de agua potable

Cantones	Actividad	%Operación
EL CARMEN PICHINCHA SANTA ANA 24 DE MAYO OLMEDO	Se inspeccionó el sistema de agua potable y está en funcionamiento.	100%
CHONE	La planta potabilizadora se encuentra operando al 100%, sin embargo, el funcionamiento en las redes de distribución es del 70%. El Municipio está interviniendo las redes dañadas para garantizar el total funcionamiento.	70%
MANTA MONTECRISTI JARAMIJO ROCAFUERTE	Las plantas potabilizadoras de El Ceibal y Colorado que bombean agua al sistema de bombeo de Azua, una vez que pudieron ser energizadas, se encuentran funcionando en fase de prueba. Estas estaciones llevan el agua a la estación de bombeo Azua, se encuentra paralizada debido a falta de abastecimiento de energía trifásica. El Ministerio de Electricidad, se encuentra trabajando para solucionar el tema.	50%
PEDERNALES	El sistema de agua potable de Pedernales luego de que se pudo energizar opera a un 30% de su capacidad.	30%
FLAVIO ALFARO	El sistema sufrió daños en la línea de conducción por un deslave; se encuentra funcionando de manera parcial.	30%
JAMA	El sistema no está operativo debido a daños estructurales.	0%
PAJÁN	El sistema es inoperativo por falta de energía eléctrica.	0%
JIPIJAPA	El sistema es inoperativo por falta de energía eléctrica.	0%

En conclusión, del cuadro mostrado anteriormente, el 57% de la provincia de Manabí tiene acceso al agua potable. Cantones como Jama, Paján y Jipijapa hasta esta fecha no tuvo el sistema de agua potable activo por falta de energía eléctrica.

1.1.2 Situación contemporánea

Existen datos actualizados con respecto al funcionamiento de los sistemas de agua potable ya que el gobierno en conjunto con la alcaldía de las provincias de Manabí y Esmeraldas ha estado laborando por dar soluciones eficaces para que las comunidades puedan abastecerse de agua potable de forma inmediata.

Según [3], informe generado el 30 de abril del 2016, la planta potabilizadora instalada entre Muisne y Chamanga se encuentra funcionando. Se está instalando otra planta potabilizadora de agua con ayuda de la Cruz Roja y Cooperación Suiza en la zona de Salima, Esmeraldas.

El 23 de abril, se logró poner en operación una planta potabilizadora móvil (capacidad 0.5 l/s) en la localidad de Maldonado, punto intermedio entre Muisne y Chamanga.

Según [4], informe generado el 16 de mayo del 2016, el reporte de ubicación y la producción de las plantas purificadoras de agua enviado por el CEE, es el siguiente:

Tabla 2 Ubicación y estados de plantas purificadoras de agua

ORD.	DETALLE	UNIDAD	UBICACIÓN	COORDENADAS	CAPAC.	UNID.	ESTADO
1	OMC COLLAREDA	BE 67	SANTO DOMINGO		4	m ³ /H	NO OPERANDO
2	OMC COLLAREDA	BE 67	CANOA	00° 25' 31" S 80° 26' 56" O	4	m ³ /H	FUNCIONANDO
3	OMC COLLAREDA	BE 68	SAN VICENTE	00° 35' 21" S 80° 24' 32" O	4	m ³ /H	FUNCIONANDO
4	CIVIL	BE 68	BAHIA DE CARAQUEZ	00° 36' 00" S 80° 25' 00" O	7,2	m ³ /H	FUNCIONANDO
5	OMC COLLAREDA	BE 68	JAMA - RIO SAN JOSE	00° 11' 00" S 80° 16' 00" O	4	m ³ /H	FUNCIONANDO
6	OMC COLLAREDA	BE 69	F. M MANABI - RIO DE ORO	01° 3' 18, 23" S 80° 3' 18,23" O	4	m ³ /H	MANTENIMIENTO
7	OMC COLLAREDA	BE 69	F. M MANABI - RIO DE ORO	01° 3' 18, 23" S 80° 3' 18,23" O	4	m ³ /H	MANTENIMIENTO
8	ARGENTINO	BE 69	F. M MANABI - RIO DE ORO	01° 3' 18, 23" S 80° 3' 18,23" O	4	m ³ /H	FUNCIONANDO
9	CANADIENSE	BE 69	F. M MANABI - RIO DE ORO	01° 3' 18, 23" S 80° 3' 18,23" O	2,4	m ³ /H	FUNCIONANDO
10	FRANCESA	BE 69	CHARAPOTO	00° 51' 412" S 80 28' 386" O	1	m ³ /H	FUNCIONANDO
11	OMC COLLAREDA	EEB 11	CHONE	0,694030-80,089514	4	m ³ /H	FUNCIONANDO

Se puede observar que se encuentran instaladas y en funcionamiento varias plantas purificadoras de agua potable en diferentes cantones de la provincia de Manabí. De esta manera, muchas familias afectadas por el terremoto podrán consumir con libertad agua potable en sus hogares.

A pesar del trabajo que ha realizado el gobierno, la alcaldía y ciertas organizaciones en apoyo a que las personas no les falte el servicio básico más importante que es el agua, existen lugares que siguen desatendidos por la falta de plantas potabilizadoras. Según [5], informe generado el 16 de mayo del 2016, el sistema de agua potable en Bahía y San Vicente acaba de funcionar el 30% de su capacidad. Jipijapa, Paján y Jama no tienen agua potable aún. Se puede observar gráficamente el nivel de operación de agua potable por cantón en el siguiente mapa :

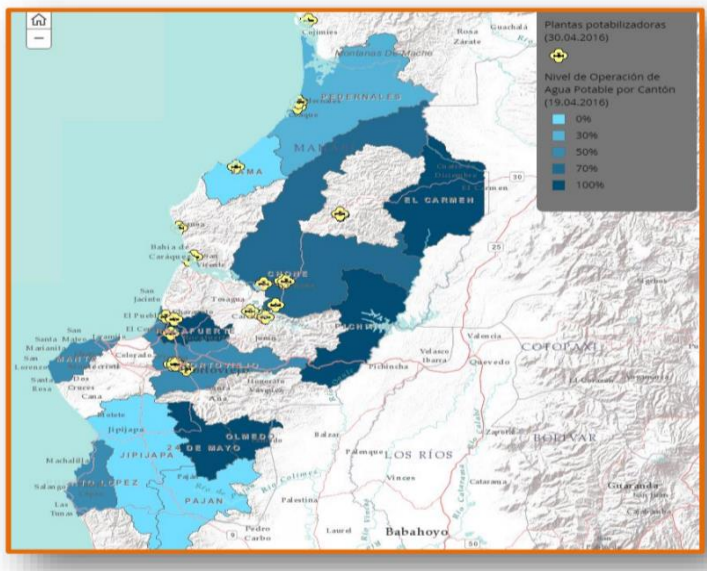


Figura 1.1 Nivel de operación de agua potable

En Esmeraldas, lugares como San José Chamanga y Muisne, nunca han tenido agua potable antes y después del terremoto.

A base de la información recopilada y mostrada por la secretaria de Gestión de Riesgo, el agua es uno de los servicios básicos más afectados por el terremoto. A pesar de que se ha hecho la respectiva gestión y reconstrucción de los daños existentes en la línea de distribución de agua y plantas potabilizadoras, sigue existiendo deficiencia de agua potable en otras zonas aledañas como Paján, Jama, Jipijapa y San José Chamanga.

San José Chamanga es uno de las zonas más críticas debido a que esta parroquia no cuenta con una planta potabilizadora que abastezca de agua potable a la comunidad.

1.2 Definición del problema

1.2.1 ¿Qué?

En consecuencia, al terremoto ocurrido en Ecuador de magnitud 7.8 en la escala de Richter, el acceso de agua potable en comunidades de las provincias de Manabí, Esmeraldas y Guayas se vio afectado.

1.2.2 ¿Cuándo?

La catástrofe sucedió el 16 de abril del 2016.

1.2.3 ¿Dónde?

El terremoto fue en Ecuador, con epicentro en Pedernales cantón de la provincia Manabí. Como resultado de la alta emanación de energía, zonas aledañas a Pedernales como la parroquia San José de Chamanga, ubicado en la provincia de Esmeraldas, quedó devastada afectando directamente a uno de los servicios básicos más importantes que es el agua potable, además de dejar familias sin hogar.

1.2.4 ¿Cómo?

El acceso a agua potable en diferentes cantones se vio afectado por las siguientes causas:

- ✓ Falta de electricidad.
- ✓ Tuberías destruidas u obstruidas.
- ✓ Carreteras destruidas.
- ✓ Viviendas destruidas.
- ✓ Falta de plantas potabilizadoras.

1.2.5 ¿Por qué?

El agua es una sustancia primordial para supervivencia de toda forma de vida y tener acceso al agua potable es una de las principales necesidades en atenderse en sucesos de esta naturaleza. Más de 159,810 personas fueron afectadas por la falta de agua potable en sus hogares en las zonas afectadas por el terremoto.

Definición del problema: Existen zonas ubicadas en Manabí y Esmeraldas que no tienen acceso al agua potable debido al terremoto ocurrido el 16 de abril del 2016. Más de 159,810 personas en las zonas afectadas no tienen agua potable. San José

de Chamanga es uno de los lugares más críticos en la falta de abastecimiento de agua potable en la provincia de Esmeraldas.

1.3 Oportunidad identificada

Organizaciones interesadas en la ayuda humanitaria se hicieron presente ante autoridades de ESPOL, después del terremoto del 16 de abril del 2016 en Ecuador. Queriendo invertir en un proyecto sostenible que ayude y mejore la calidad de vida de los damnificados de la parroquia San José Chamanga. Mi cometa es una organización sin fines de lucro con interés en ayudar de manera diferente a aquellas personas en necesidad de agua potable.

En resultado de esta relación, se determinó diseñar y desarrollar una línea de producción de filtros de agua potable práctico y eficaz para las familias albergadas. El diseño y funcionamiento del filtro de agua artesanal fue realizado por dos estudiantes de la carrera de Ingeniería en minas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

El objetivo de producir filtros de agua artesanales es para que las personas puedan convertir aguas de pozas a agua potable y de esa forma no tengan la necesidad de invertir en servicios de tanqueros de agua, ya que tienen costos considerables.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivos generales

Diseñar e implementar una línea de producción de filtros de agua artesanales para las zonas afectadas por el terremoto.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Identificar la demanda.
- ✓ Determinar las restricciones del proyecto.
- ✓ Definir recursos para la producción.
- ✓ Identificar los componentes del producto.
- ✓ Definir el proceso de producción.
- ✓ Planear y determinar el personal necesario.
- ✓ Definir el sistema de producción.
- ✓ Definir el layout de la línea de producción.
- ✓ Implementar la línea de producción.

- ✓ Determinar el tiempo de estudio y la línea de balanceo.
- ✓ Identificar oportunidades de mejora.

1.5 Alcance

La línea de producción debe satisfacer una demanda inicial de 100 filtros de agua para ser entregados a diferentes familias en San José de Chamanga, Esmeraldas. Este alcance se define como resultado de la relación entre ESPOL y la ONG Mi Cometa por medio de una donación inicial para ayudar la gente de este sector.

1.6 Limitaciones

- ✓ Duración del proyecto: 4 meses.
- ✓ Financiamiento a través de donaciones.
- ✓ Operadores voluntarios y pasantes.

1.7 Marco teórico

5 w's

Para la definición del problema se decide emplear la metodología 5w's la cual consiste en realizar 5 preguntas (qué, quién, donde, cuándo y por qué) con el objetivo de identificar problemas en procesos o en la vida cotidiana. [6]

Voz del cliente

Para lograr la determinación de la demanda y los requerimientos del cliente, se decide emplear la metodología voz del cliente cuyo fin es recolectar información proveniente del beneficiario principal del producto o servicio en investigación. Se lo realiza empleando diferentes herramientas tales como entrevistas, encuestas, foros, grupos focales y otros. [7]

Diagrama de Gantt

Para realizar la planificación del proyecto se utiliza el diagrama de Gantt con el objetivo de programar las diferentes tareas y actividades durante un lapso de tiempo. Esta herramienta permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas del proyecto, además de permitir una fácil y cómoda visualización de las actividades a realizar. [8]

Costos directos e indirectos, fijos y variables

Para identificar los recursos empleados en el proyecto se elabora un presupuesto operacional identificando los diferentes tipos de costos incurridos:

Costos directos: Son aquellos que están asociados con el producto sin necesidad de un reparto, los más habituales suelen ser materias primas y mano de obra directa. [9]

Costos indirectos: Son aquellos que no tienen relación con el producto, más bien con la operación y la gestión, los más habituales suelen ser mano de obra, transporte y publicidad. [9]

Costos fijos: son aquellos que no dependen del volumen de la producción y están inmersos en la operación. [10]

Costos variables: Son aquellos que dependen del volumen de la producción. [10]

Listado de materiales (BOM, Bill Of Materials)

Para la identificación del producto se utiliza la herramienta BOM que consiste en realizar un listado de materias primas, subconjuntos, componentes, partes y piezas que componen un producto. Se realiza de forma jerárquica en una representación gráfica donde se visualiza la descomposición por pieza del producto y las cantidades que requiere de la misma, adicionalmente se especifica las características del material como las dimensiones, peso, forma etc. [11]

Gráfico de explosión de materiales

En la identificación del producto se realiza un gráfico de explosión con el objetivo de representar gráficamente las diferentes piezas y componentes que conforman el producto a producirse, de esta manera se visualiza una primera idea del proceso de ensamble que necesitará el producto. [11]

Macroproceso

Para identificar el proceso de producción se elabora un mapa de procesos que consiste en la representación gráfica de la interacción de todos los procesos de un sistema,

proporciona una perspectiva global de la relación entre el propósito de una organización con los procesos que se gestionan. [12]

OTIDA

Para conocer las diferentes etapas del proceso productivo se utiliza el flujograma de tipo OTIDA (operación, transporte, inspección, demoras y almacén) que tiene como objetivo representar gráficamente paso a paso el proceso de producción categorizando las actividades en 5 diferentes tipos. Con esta herramienta se puede interpretar las estaciones que deberá tener la línea de producción. [13]

Línea de ensamble

Es un proceso de manufactura donde el producto en proceso se mueve por las diferentes estaciones de trabajo en las cuales las diferentes partes son agregadas en secuencia hasta que se produce el ensamble final. [14]

Diagrama SIPOC

Para el estudio del proceso productivo se define un diagrama SIPOC que permite visualizar al proceso de manera sencilla y general, determinando las entradas y salidas de cada etapa del proceso y su relación con los proveedores y clientes. [15]

Flujo de materiales

Para conocer el layout de la línea de producción realizamos un análisis del flujo de materiales que consiste en representar los elementos dentro de la fábrica que se van a mover, ya sea materiales, hombre, equipos y documentos, produciendo en definitiva un bien o un servicio. [16]

Diagrama de recorrido

Para identificar los requerimientos de espacio para la línea de producción se realizará un diagrama de recorrido que permite visualizar la ruta que sigue el producto en proceso, los materiales de producción y el personal dentro de la planta, identificando donde se realiza cada actividad del proceso y especificando su naturaleza de transporte, inspección, operación o almacenaje. [17]

Plan sistemático de diseño (SLP siglas en inglés)

Para identificar las alternativas de diseño se decide aplicar un Plan Sistemático de diseño, Systematic Layout Planning (SLP), es una herramienta cuyo fin es diseñar un lugar de trabajo en una planta por medio de la ubicación de áreas considerando las relaciones lógicas y el flujo de material e información entre las mismas. [11]

Diagrama de relación entre actividades

Para identificar las diferentes configuraciones en la línea de producción se empleará este diagrama que consiste en evaluar la relación que existe entre las distintas áreas que deben existir para un proceso, esta evaluación se realiza cualitativamente con respecto a la relevancia de cercanías y cuantitativamente con respecto al flujo de material, información y personal. [11]

Diagrama nodal

Para el estudio de requerimientos de espacio se aplica el diagrama nodal que consiste en la representación de las diferentes áreas en nodos, situando el área con mayor relación en el medio y conectado por medio de arcos los otros nodos. Este diagrama sirve para visualizar una impresión del diseño que tendrá la planta o la línea de producción. [11]

Diagrama de relaciones de espacio

Esta herramienta consiste en la representación gráfica del espacio requerido por las diferentes áreas que intervienen en el diseño. El diagrama distribuye el espacio determinando una unidad específica de área visualizada en bloques, de manera que permite realizar diferentes configuraciones que posteriormente serán analizadas en cuanto a su eficiencia con respecto al flujo de materiales, información y personas. [11]

Estudio de tiempos

Herramienta que implica la técnica de establecer un tiempo estándar permitido para realizar una tarea específica, en base a la medición del contenido de la actividad del método prescrito, teniendo en consideración la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables. [18]

Balanceo de línea

El Balanceo de líneas consiste en la agrupación de las actividades secuenciales de trabajo en centros de trabajo, con el fin de igualar la capacidad y distribuir la carga de trabajo. Esta metodología permite identificar la cantidad de operadores necesarios y reducir los tiempos ociosos en la línea. [19]

Sistemas de control de producción

Es la metodología o filosofía aplicada para producir responsable de coordinar las diferentes actividades relacionadas a la producción, es decir, es responsable de identificar la demanda, determinar el sistema productivo, el movimiento de materiales, la capacidad de producción, la planificación de compras, planificación de personal y los tiempos de producción entre otras actividades. Existen varios tipos de sistemas de control de producción actualmente, entre los más conocidos: [14]

- ✓ MRP/ MRP-II (Planeación de Requerimientos Materiales y de Recursos Productivos), surgido en los Estados Unidos en la empresa IBM.
- ✓ JIT (Just in Time), origen japonés y desarrollado inicialmente por Toyota Motor Co.
- ✓ OPT (Tecnología de Producción Optimizada), desarrollada inicialmente por Eliyahu M. Goldratt, que más tarde dio lugar al surgimiento de la Teoría de las Limitaciones(TOC) y a su aplicación en producción (sistema DBR: drum-buffer-rope).
- ✓ LOP (Load Oriented Production), control de Producción Orientado a la Carga, sistema desarrollado en Europa Occidental. [20]

Simulación de procesos

Técnica para evaluar en forma rápida un proceso con base en una representación del mismo, mediante modelos matemáticos. [21]

Cartas de control

Una gráfica de control sirve para determinar si un proceso está en una condición estable, o para asegurar que se mantenga dentro de control. Consiste en el análisis estadístico de

datos, de sus desviaciones y la presentación gráfica para demostrar si los datos se mantienen dentro de límites de control. [22]

VAN

Es un indicador financiero que determina si un proyecto será viable con el análisis de flujo de futuros ingresos y egresos que existirán, descontando la inversión inicial. Si el resultado es positivo el proyecto es rentable. [23]

TIR

La tasa interna de retorno también llamada como la tasa de rentabilidad, es producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio acercando el valor presente neto a 0 y se expresa en porcentaje. [24]

Pay Back

También conocido como Plazo de Recuperación, se define como el período requerido de tiempo para recuperar el capital inicial de una inversión. [25]

Punto de equilibrio

Es la cantidad necesaria de producción o venta en el cual los ingresos son iguales a los costos y gastos, es decir que no hay ganancias ni pérdidas. [26]

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA.

2.1 Análisis de las condicionantes del diseño

2.1.1 Segmento de mercado

Para el análisis de la demanda que cubrirá la línea de producción de filtros de agua artesanales se decide investigar la población ecuatoriana sin acceso a agua potable, cuya información será segmentada con el objetivo de definir el mercado que satisficará este producto.

En la investigación realizada se presenta que el acceso al agua potable en el Ecuador concierne al 92% de la habitación según [27] presentado en el informe CEPAL 2014, con una marcada diferencia entre la zona urbana con 97% y la zona rural con 82%.

Según [28], en el informe del censo poblacional 2010 el porcentaje de la población que vive en zonas urbanas corresponde al 69% y en zonas rurales al 31% respectivamente. Adicionalmente menciona que el crecimiento poblacional es del 1.9%, que el 25% de los habitantes en la zona rural tienen trabajo y que el promedio de personas por familia es de 3.78 y en la página web oficial presenta la cifra actual de la población ecuatoriana, siendo esta 16'572,548 ecuatorianos.

Por medio de la información recolectada se define siguiente segmentación de la demanda:

1. Población ecuatoriana en sector rural y urbano.
2. Población rural con acceso a agua potable.
3. Población con ingresos en las zonas rurales.
4. Participación de mercado de la línea de producción.

Tabla 3 Población ecuatoriana según sector urbano/rural

Sector	Población
Urbano	11'435,058
Rural	5'137,490
Total	16'572,548

La población ecuatoriana que vive en el sector rural es de 5'137,490 habitantes.

Tabla 4 Población rural con acceso agua potable

Acceso a agua potable	Población
Si	4'212,741
No	924,748
Total	5'137,490

Los habitantes que viven en zonas rurales sin acceso a agua potable son 924,748 ecuatorianos.

Tabla 5 Población rural con ingresos

Ingresos	Población
Si	231,187
No	693,561
Total	924,748

Los habitantes con ingresos para poder adquirir el filtro en las zonas rurales son 231,187.

Tabla 6 Participación del 30% de mercado

Participación	Población
30%	69,356

La línea de producción satisfará en los primeros 5 años de evaluación con un 35% de participación del mercado objetivo.

Tabla 7 Demanda proyectada en 5 años

Año	2016	2017	2018	2019	2020
Demanda	69,356	82,534	98,215	116,876	139,083
Demanda por familia	18,348	21,834	25,983	30,920	36,794
Demanda mensual	1,529	1,820	2,165	2,577	3,066
Demanda diaria	76	91	108	129	153

Debido a que el producto satisface las necesidades de una familia, se presenta en la tabla anterior la demanda proyectada en 5 años.

2.1.2 Voz del cliente

Dos zonas afectadas por el terremoto el 16 de abril el año 2016 se eligieron para la aplicación de esta metodología:

✚ Chamanga, Esmeraldas

- ✓ 960 familias
- ✓ 6 albergues



Figura 2.1 Chamanga

✚ Albergue Esperanza, Babahoyo

- ✓ 30 familias
- ✓ 112 personas



Figura 2.2 Refugio Nueva Esperanza, Babahoyo

Para conocer las necesidades del cliente y sus opiniones, se realizaron entrevistas con 10 personas diferentes, 5 de cada sector. Los resultados se muestran a continuación:

2.1.3 Requerimientos del cliente

✓ Identificar necesidades

En la figura 2.3 se presenta las necesidades que se consideran más esenciales para solucionar después de una catástrofe, siendo el refugio y el agua dos de las necesidades más consideradas entre las personas encuestadas con 36% de frecuencia.

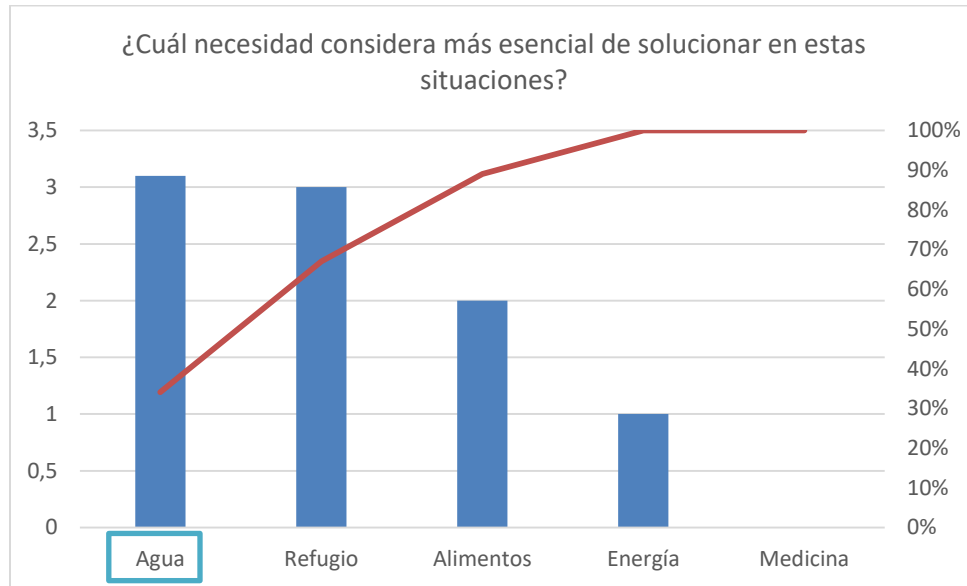


Figura 2.3 Identificación de necesidades

✓ Aceptación de propuesta

En la figura 2.4 se presenta la aceptación de la propuesta de producir filtros de agua artesanales, con un 100% de aceptación en la muestra seleccionada.

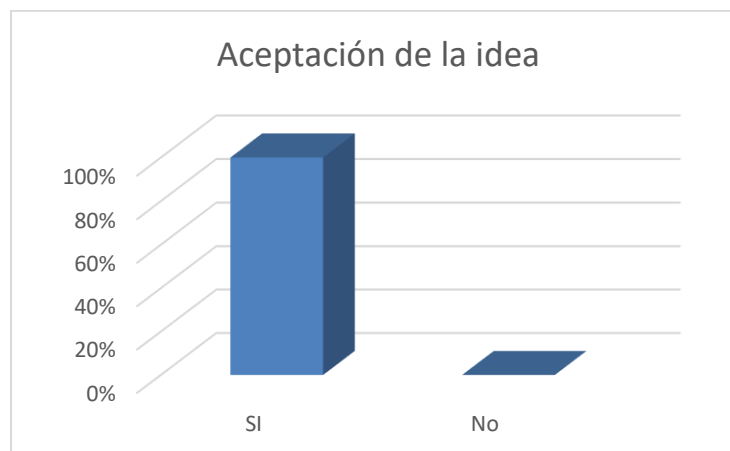


Figura 2.4 Aceptación de propuesta

✓ **Requerimientos de diseño**

En la figura 2.5 presentamos el resultado a los requerimientos del cliente, donde el bajo precio y el bajo costo de mantenimiento son los requerimientos más escogidos por las personas encuestadas con un 46% y 27% de frecuencia respectivamente.

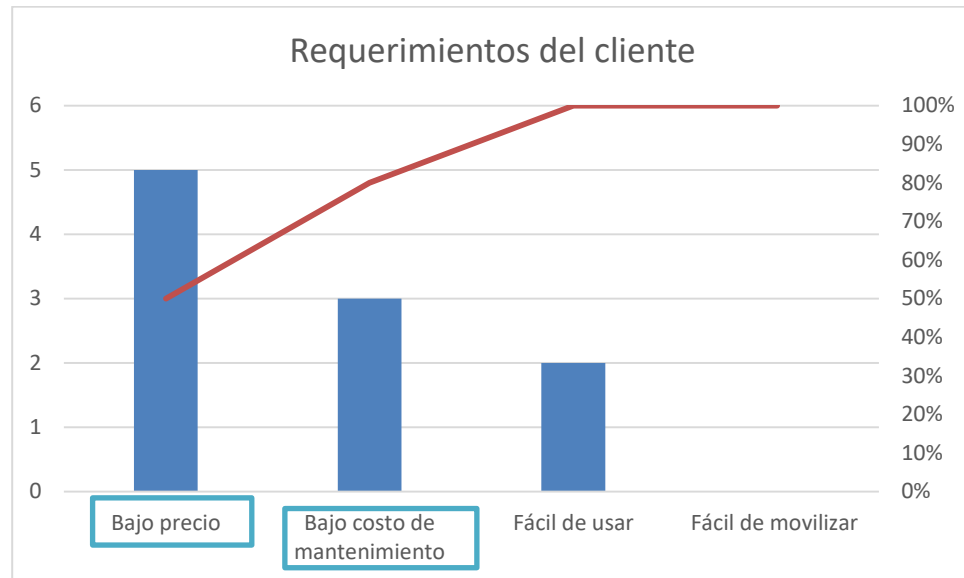


Figura 2.5 Requerimientos del cliente

2.1.4 Localización de la planta

El lugar donde se realizará la implementación de la línea de producción será en la facultad de Escuela de Diseño y Comunicación Visual (EDCOM) en el aula B301, conocido como aula de técnicas pictóricas.

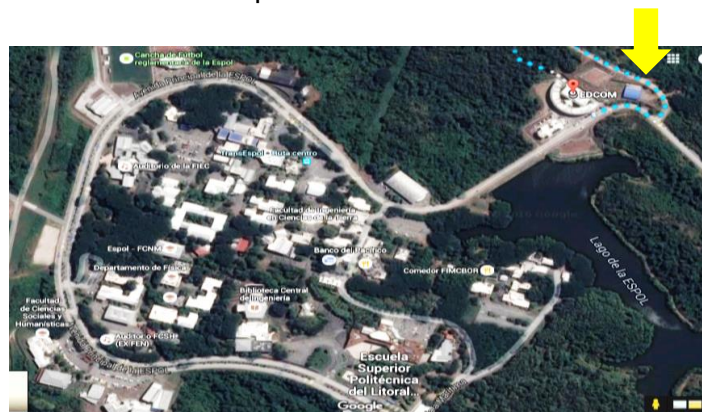


Figura 2.6 Ubicación, EDCOM

Se eligió este lugar debido a la disponibilidad de espacio y recursos para la facilitación de la implementación de la línea de producción.

2.2 Diseño del filtro

2.2.1 Componentes del filtro

El filtro fue diseñado bajo la necesidad de la falta de planta de agua potabilizadora en la parroquia San José de Chamanga, Esmeraldas. El filtro se lo diseñó considerando la simplicidad y el bajo costo ya que serán donados a la comunidad mencionada con el fin de mejorar la calidad de vida de estas personas bajo el consumo de agua potable.

El diseño fue creado por dos estudiantes de la carrera de Ingeniería en Minas, dirigidos por el Dr. Morante y Dr. Carrión de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).

La estructura del filtro está compuesta por los siguientes componentes:

Tabla 8 Componentes del filtro

Código	Componentes
01	Anillo PVC
02	Tubo PVC
03	Jeringa
04	Manguera
05	Tapa PVC
06	Llave PVC
07	Malla
08	Bolsa de Arena
09	Bolsa de Zeolita
10	Algodón

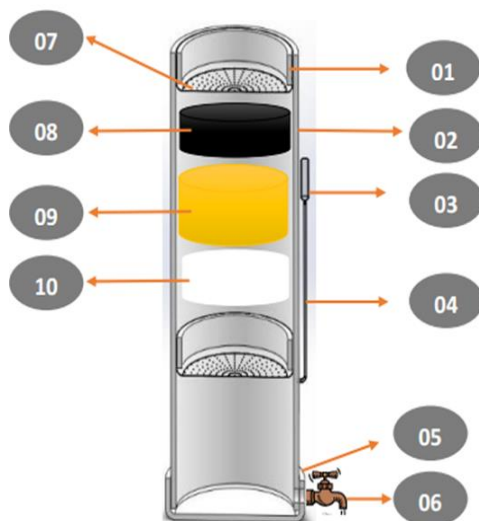


Figura 2.7 Explosión de materiales

Explosión de materiales

Para la producción de los filtros de agua artesanal, se realizó una lista de materiales, herramientas y equipos de seguridad. La creación de un filtro de agua se sujeta a la composición de varios materiales por niveles:

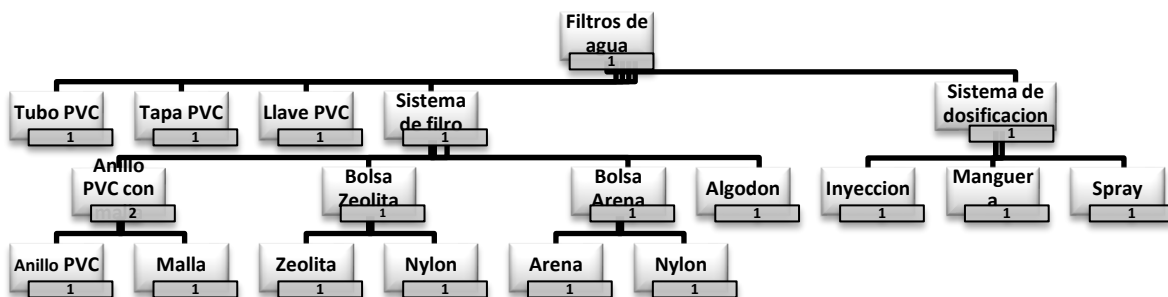


Figura 2.8 Explosión de componentes del filtro

Cada componente que forma parte de la estructura del filtro de agua tiene sus respectivas dimensiones como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8 Dimensión de los componentes del filtro

Material	Descripción	Cantidad	Dimensión
Tubo PVC	Cuerpo del filtro	1	8" diámetro, 60 cm de altura
Llave PVC	Llave del filtro	1	½" diámetro
Tapa PVC	Tapa PVC de 8"	1	5 cm de altura, 8" diámetro
Anillos PVC	Filtro de malla	2	8" diámetro, 4 cm altura
Malla	Malla de plástico	2	25 x 25 cm
Algodón	Algodón	1	70g
Zeolita	Bolsa de Zeolita	1	4.6kg
Arena	Bolsa de arena	1	3.4kg
Nylon	Negro y café	2	Tamaño comercial
Atomizador	Depósito de cloro	1	0.25 l
Inyección	Paso de cloro	1	5 ml
Manguera	Manguera plástico	1	20 cm

Herramientas

Tabla 9 Herramientas usadas para la producción

Material	Cantidad
SERRUCHO	2
Mesa de trabajo	7
Perforadora	1
Kalipega	2
Tijeras	4
Rollo de cinta	3

Equipo de seguridad

Tabla 10 Equipos de seguridad

Material	Descripción	Cantidad	Tamaño
Guantes	Caja	1	Standard
Máscara	Caja	2	Standard

2.2.2 Características del filtro de agua

El diseño del filtro fue creado bajo las siguientes características:

- ✓ El filtro está diseñado para purificar agua extraída de pozos o del río.
- ✓ El filtro de agua tiene una capacidad de 5l.
- ✓ El filtro sirve a una familia de 5 integrantes.

2.2.3 Funcionamiento del filtro de agua

El funcionamiento del filtro de agua está comprendido por lo siguiente:

1. Las personas extraen agua de las pozas en baldes para luego verterlo en el filtro.
2. El agua pasa por la primera filtración para remover las grandes partículas, como hojas y rocas.
3. El agua pasa por el siguiente material que es la arena la cual retiene las partículas suspendidas en el agua.

4. El agua pasa por la bolsa de zeolita para purificarla y reducir la acidez y la dureza del agua.

5. El algodón está colocado debajo de la zeolita con el fin de retener pequeñas partículas que quedan en el agua.

6. La persona debe esperar hasta llenar los 5 litros de capacidad de agua y luego aplicar una gota de cloro, con ayuda del atomizador, que pasa por el sistema de dosificación para eliminar los microorganismos del agua.

7. Una vez realizado el paso anterior, la persona puede abrir la llave e ingerir el agua potable que sale del mismo.

Cada filtro llevará un instructivo en la parte exterior indicando el uso correcto del mismo. Además, se entregará por cada filtro un kit de repuesto de arena y zeolita para que el producto tenga un uso de larga duración.

2.3 Diseño del proceso

2.3.1 Macroproceso

Para desarrollar la gestión y producción de los filtros de agua, se realiza el siguiente Macroproceso en la cual se mostrará las entradas, los procesos y la salida.

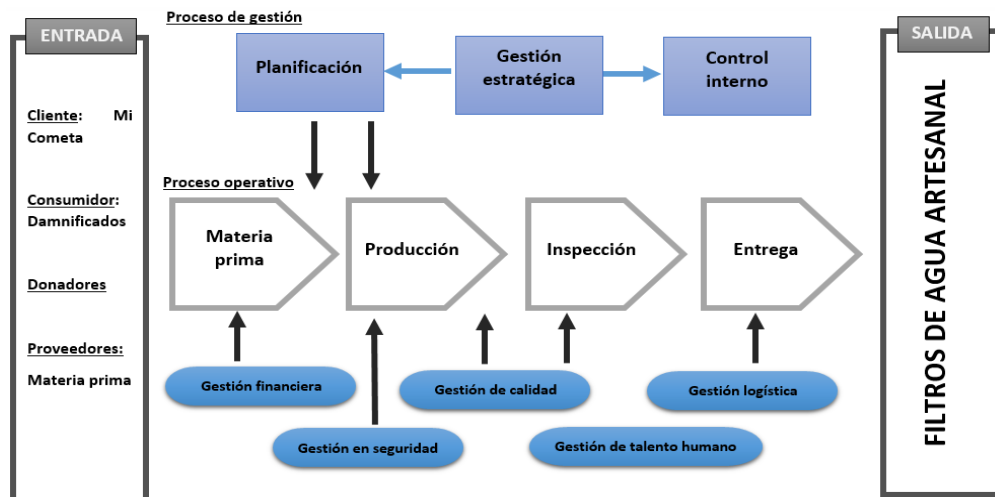


Figura 2.9 Macroproceso

Entrada

- ✓ El cliente principal para la entrega de los filtros es Mi Cometa, quienes lo donarán a 100 familias de la parroquia San José de Chamanga.
- ✓ El consumidor final son los damnificados de San José de Chamanga quienes se encuentran ubicados en refugios temporales.
- ✓ Con respecto a los donadores, se hizo presente a esta causa la Federación de Estudiantes Politécnicos (FEPOL) y además 2 voluntarias de nacionalidad alemana quienes trabajan en conjunto con *Mi Cometa*.
- ✓ Los proveedores son los que directamente nos proporcionará la materia prima necesaria, es decir, de calidad y a bajo costo. Entre ellos tenemos:
 - ✓ Calmosacorp.
 - ✓ Laboratorios Domínguez.
 - ✓ Cantera San Rafael.
 - ✓ Ferretería Clark.

Proceso de gestión:

Planificación

En esta etapa se planificó la gestión del personal, es decir, dependiendo de la disponibilidad de los voluntarios se coordinó para el desarrollo de la producción diaria. Además, se planificó la compra de materia prima ya que cada proveedor tiene un tiempo de entrega y de ello depende la continuidad y fluidez de la producción.

Gestión estratégica: La estrategia de integración utilizada es hacia adelante debido a que contamos con proveedores quienes nos venderán la materia prima necesitada. La estrategia va ligado a la planificación, control interno y producción.

Control interno: El control se lleva a cabo en la gestión de personal, compra y uso de materia prima, calidad y seguridad.

Proceso operativo: El proceso de manera general está conformado por la adquisición de materia prima, producción, inspección y entrega del producto final.

Proceso de apoyo: Existen varias áreas como logística, financiero, seguridad, calidad y talento humano que dan soporte a los procesos operativos.

Gestión logística: Se lo realiza al momento de transportar los materiales desde los proveedores hasta el taller, durante la producción y cuando se realice la entrega del producto al cliente.

Gestión financiera: La gestión aplicada se lo realizó desde el momento en que donadores como FEPOL y voluntarias alemanas fueron partícipes de la inversión para que el proyecto se lleve a cabo, gastos realizados para pruebas del filtro, compras de materia prima, consumo de inventario, mano de obra, entre otros.

Gestión de seguridad: Basados en normas como el decreto 2393 y Normas Técnicas Colombianas 4114, se ajusta el área de producción bajo los criterios de seguridad mostradas en las cláusulas para reducir riesgos laborales, cuidando la salud e integridad de los voluntarios.

Gestión de calidad: Parte de la confianza que se quiere generar al consumidor final es la entrega de filtros de agua de calidad. Para cumplirlo, existe el control de calidad antes, durante y después de la producción de esta manera se asegura que el filtro cumple con los estándares de calidad.

Gestión de talento humano: Se lleva a cabo la planificación y control de la disponibilidad de tiempo de voluntarios, las horas que elaboran diariamente, el desarrollo de habilidades y aplicación de conocimientos aprendidos durante la carrera.

Salida: Al finalizar el proceso productivo se obtiene como resultado los filtros de agua artesanal que serán entregados al cliente final Mi Cometa y luego será donado a familias de la parroquia San José Chamanga.

2.3.2 Flujo de proceso

Para el desarrollo de la producción de filtros, se establece una serie de pasos para lograr el desarrollo de la producción del producto final y a su vez se muestra el diagrama de proceso en la Tabla 11.

Tabla 11 Pasos para construir el filtro de agua

Paso1	
Minerales	Llenado de arena y zeolita en medias de nylon. El color negro del nylon es para almacenar zeolita y el color antílope es para arena.
Corte 1	Corte de anillo con serrucho usando molde de medida 4x3cm.
Corte 2	Corte de malla usando molde de medida 25x25 cm.

Paso2	
Ensamble 1	Unir malla con anillo PVC. Pegar con Kalipega.

Paso3	
Ensamble 2	Unir malla con anillo PVC en la parte inferior. Pegar anillo con kalipega a una altura de 25 cm desde la parte inferior del tubo.

Paso4	
Ensamble 3	Pegar tapa PVC en la parte inferior del tubo. Usar kalipega.

Paso5	
Etiquetado	Pegar etiqueta en todo el cuerpo del tubo PVC.

Paso6	
Ensamble 4	Colocar llave PVC al orificio adherido al tubo PVC.

Paso7	
Ensamble 5	Unir manguera de longitud 25cm con jeringa y luego colocarlo en orificio adherido al tubo PVC. Pegar a una altura de 24 cm la jeringa.

Paso8	
Ensamble 6	Colocar algodón, zeolita, arena y anillo con malla en la parte interna del tubo usando como base el anillo con malla pegado anteriormente.

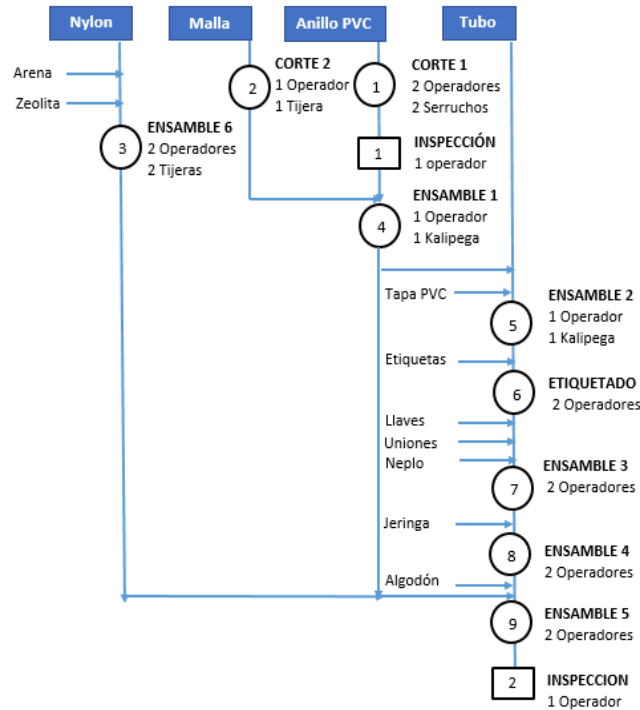


Figura 2.10 Diagrama de proceso

2.3.3 Sistema de producción

Para obtener una estructura eficiente para el manejo de las órdenes en piso, actividades por operación y los recursos utilizados, se define el desarrollo de una línea de ensamble para la producción de filtros de agua artesanal.

Las principales razones por la elección de este tipo de sistema de producción se deben a que el producto es compuesto por varias piezas que necesitan ser ensamblados, el ahorro de espacio, minimiza el ciclo de tiempo y no usa operadores especializados ya que en este caso la ayuda viene por parte de voluntarios e internos.

Las ventajas de este de sistema de producción es que minimiza el costo del manejo de materiales, existe mayor coordinación del proceso de producción, bajo inventario en proceso, el tiempo de ciclo de producción es reducido y no requiere de maquinarias o equipos específicos. Además, existe un mejor manejo de las actividades de planeación, programación, monitoreo y control de la producción.

Las desventajas de este sistema de producción se deben a que, si existe un paro no programado, se detiene toda la producción. Además, existen alteraciones en la línea

cuando hay cambios en el producto y el ciclo de producción es determinado por el cuello de botella.

Para optimizar la operación de este tipo de flujo, la línea de producción debe conocer los siguientes requerimientos:

- ✓ Producto estandarizado.
- ✓ Volumen de producción largo.
- ✓ Línea balanceada apropiada.
- ✓ Equipo específico.

2.3.4 Diagrama SIPOC

Para tener conocimientos más específicos sobre entradas y salidas generados en cada operación, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12 Diagrama SIPOC

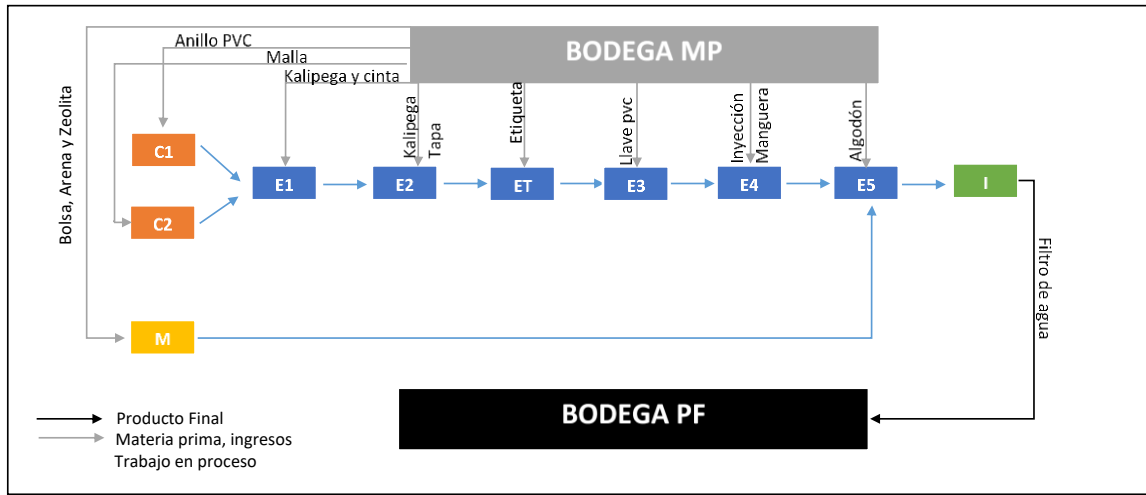
Proveedor	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
Ferretería Clark	mallas, anillos PVC	Corte	anillos y mallas cortadas	Ensamble 1
Calmosacorp, y nylon maría	nylon, arena y zeolita	Minerales	bolsas de arena y zeolita	Ensamble 6
Corte, Ferrisariato	anillos y mallas cortada	Ensamble 1	mallas con anillo	Ensamble 2
Ensamble 1, Ferrería Clark	anillo con malla, tapa y tubo	Ensamble 2	tubo PVC con anillos interior	Etiquetado
Imprenta	etiquetas	Etiquetado	tubo etiquetado	Ensamble 3
Ferretería Clark,	tubo y llave	Ensamble 3	tubo con llave	Ensamble 4
Perforado, Farmaservicio	inyección, manguera y tubo	Ensamble 4	tubo con sistema cloración	Ensamble 5
Farmaservicio, minerales	bolsas de arena, zeolita, algodón	Ensamble 5	filtro de agua	Inspección
Inspección	filtro de agua	Inspección	filtro de agua	Mi Cometa

2.4 Diseño de la línea de producción

2.4.1 Manejo de materiales

Flujo de materiales

El flujo de materiales permite conocer la manera en que se mueven los materiales entre estaciones. Para tener una visualización del flujo en la línea de producción, se realizó el siguiente diagrama :



C1	CORTE 1	E4	ENSAMBLE 4
C2	CORTE 2	E5	ENSAMBLE 5
E1	ENSAMBLE 1	M	MINERALES
E2	ENSAMBLE 2	BMP	BODEGA DE MATERIA PRIMA
ET	ETIQUETADO	BPF	BODEGA DE PRODUCTO FINAL
E3	ENSAMBLE 3		

Figura 2.11 Diagrama de flujo de materiales

Se puede observar que existe un gran flujo entre la bodega de materia prima y las estaciones de trabajo, ya que éste almacena todo el inventario inicial de la línea de producción y se lo despacha cuando se lo necesite para cumplir con la producción del día.

Tipo de flujo

Una vez definido el tipo de sistema de producción, determinamos la forma de línea recta acorde al estudio requerido y el tamaño del lugar donde será ubicada la línea de producción. Las razones por la cual se determina la forma de una línea recta son las siguientes:

- ✓ Permite una producción continua.
- ✓ Mantener el orden de las actividades en la línea.
- ✓ Mayor control en inventario en proceso.
- ✓ Da mayor espacio para la circulación del personal.
- ✓ Permite una mejor supervisión de la línea.

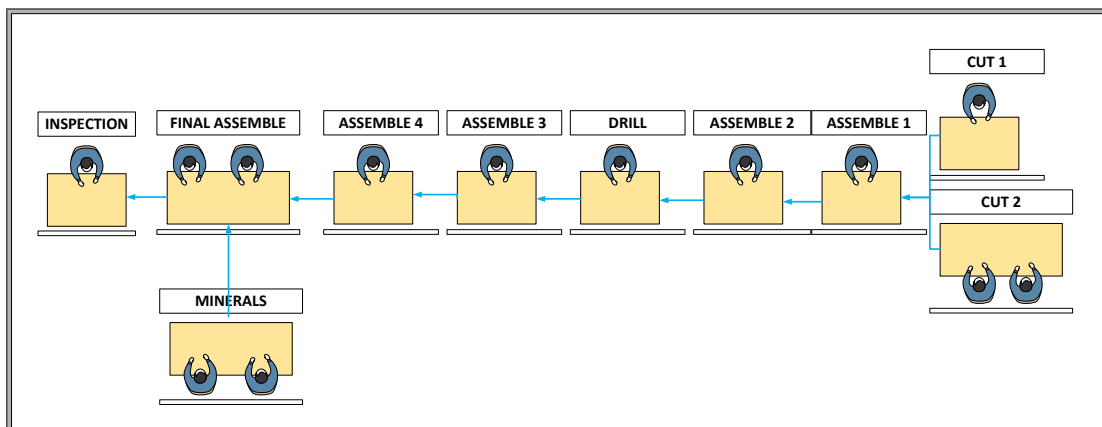


Figura 2.12 Línea de ensamble

Unidad de carga

Considerando el alto flujo de materiales entre estaciones, se establece el uso de gavetas plásticas entre estaciones para almacenar temporalmente el inventario en proceso. De esta forma el operador de la siguiente estación puede seleccionar el material y en el momento que lo necesite.

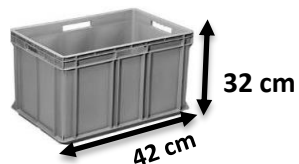
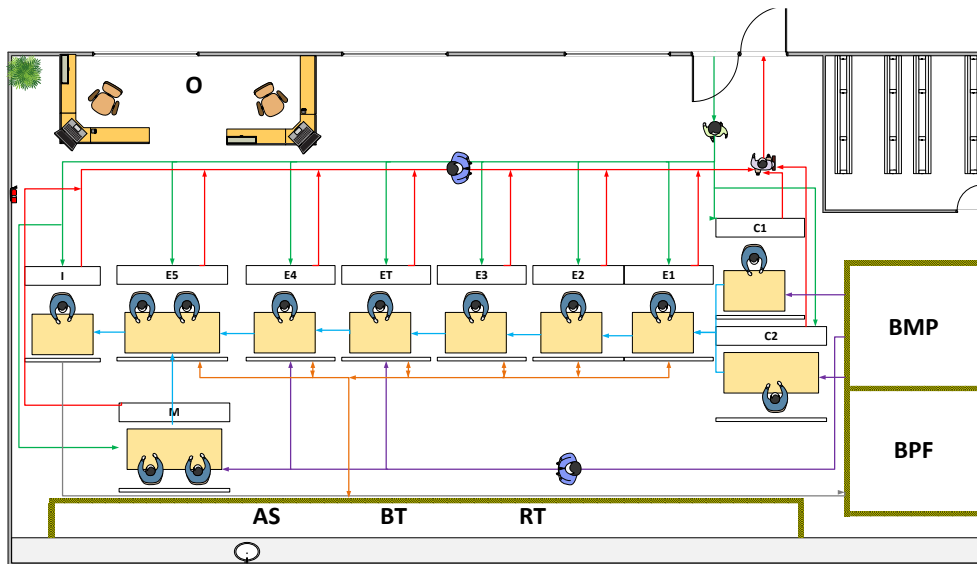


Figura 2.13 Gaveta estándar

Diagrama de recorrido

Para conocer el espacio que se requiere para la línea de producción considerando el movimiento de material, del personal y de los recursos, es definido un diagrama de recorrido:



Actividad	Tipo	Línea	Descripción
●	Operación	→	Flujo inventario entre estación
▲ ●	Almacenamiento y operación	→	Flujo inventario desde bodega temporal
		→	Flujo materia prima
		→	Flujo producto final
➔	Movimiento	→	Entrada de operadores
		→	Salida de operadores

Figura 2.14 Diagrama de recorrido

2.4.2 Manejo de personal

Organigrama

La estructura organizacional está conformada por la siguiente jerarquía:

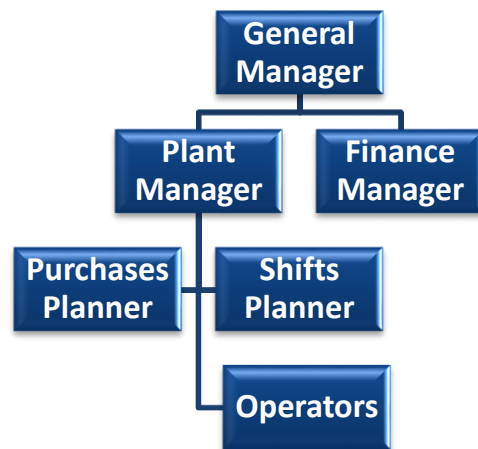


Figura 2.15 Organigrama

Personal requerido

Para la línea de ensamble de filtros de agua artesanal, es requerida la siguiente cantidad de personas:

Tabla 13 Requerimiento de personal

ESTACIONES	OPERADORES
Corte 1	1
Corte 2	2
Ensamble 1	1
Ensamble 2	1
Etiquetado	1
Ensamble 3	1
Ensamble 4	1
Minerales	1
Ensamble 5	2
Total	11

Planificación del personal

El personal requerido para la línea de producción, está conformado por pasantes y voluntarios. La convocatoria fue abierta para los estudiantes de ESPOL de la carrera de Ingeniería Industrial con el objetivo de que vivan la experiencia de estar en una planta y además puedan aplicar las diferentes herramientas aprendidas en la carrera como estudio de tiempos, balanceo de línea, técnicas de mejora continua, entre otros. Como resultados de la aplicación de los estudiantes a esta oportunidad de aportar en la línea de producción, se tiene la siguiente planificación semanal:

Tabla 14 Horas diarias laborales de pasantes

Pasante	Lunes h	Martes h	Miércoles h	Jueves h	Viernes h	Horas/semana
Ingrid Vacacela	2	2	3	2	4	13
Carlos Angulo	5	0	3	0	5	13
Jhalmar Lombeida Tufino	3.5	0	2	0	2	7.5
Joseph Sánchez Centanaro	0	2	2	4.5	0	8.5
Luis López Alvarado	1	0	1	2	4	8
Gabriela Pesantes	2	0	2	2	4	10
Jean Carlos Coronel	2	0	3	0	3	8
María Daniela Dreher Pozo	2	3	1	2	0	8
Katherine Obando	2	2.5	0	0	2.5	7
Carlos Figueroa Desiderio	3	2.5	2	0	2	9.5
Leonardo Solano Hoyos	3	0	3	0	4	10
Carlos Pinos	0	0	0	3.5	3.5	7
John Campaña Martínez	2.5	2.5	0	0	4	9
David Paredes	0	0	3.5	3.5	0	7
Fabrizio Barquet	0	0	2.5	0	6.5	9

En la siguiente gráfica, se muestra un ejemplo de un día de trabajo la cual fluctúa dependiendo de la disponibilidad de los voluntarios en la línea de producción.

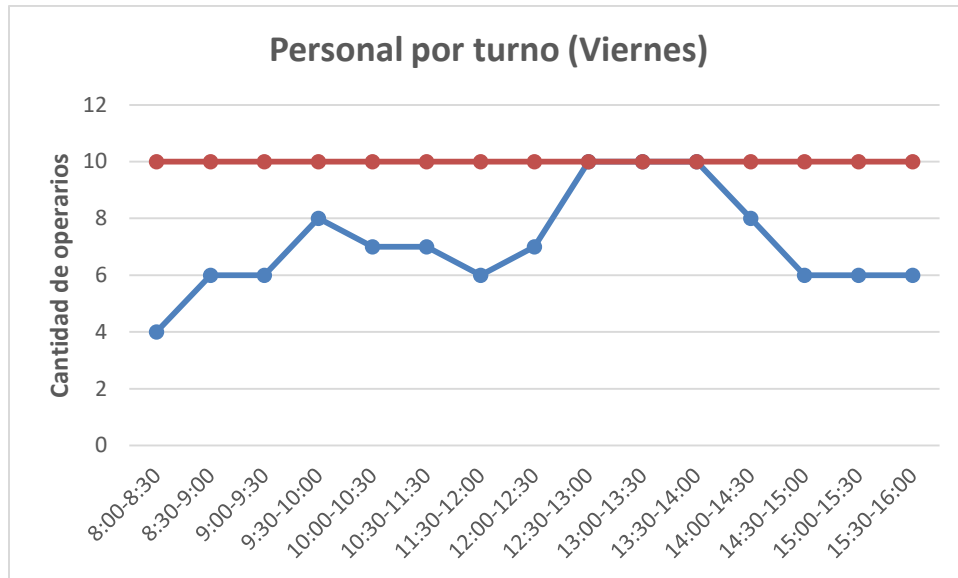


Figura 2.16 Disponibilidad del personal en un día laborable

La jornada laboral empieza desde las 8:00 am hasta las 16:00 pm. Podemos ver en este día laborable que habría mayor personal entre las 12:30 pm hasta las 14:30 pm.

La estrategia aplicada para manejar el ausentismo ya que mínimo la línea necesita 8 personas es activando sólo las estaciones que han producido menos inventario en proceso o por análisis de capacidad tengan menor tasa de salida.

2.5 Propuesta de diseño

Para lograr obtener el diseño ideal del área donde será ubicada la línea de producción, se lo determinará bajo el uso del método de System Layout Planning (SLP).

2.5.1 Relación de actividades

Previo al análisis de relación entre actividades pertenecientes a la línea de producción, se realiza una breve descripción de las áreas propuestas.

Tabla 15 Descripción de actividades propuestas

Actividad	Descripción
Bodega de materia prima	Esta área se encarga de almacenar todos los materiales de la línea de producción entregados por los proveedores como tubos, mallas, fundas de algodón, sacos de zeolita y de arena e inyecciones.
Área de corte de anillo	En esta área se realiza el corte con ayuda del serrucho.
Área de corte de malla	En esta área se realiza el corte de malla.
Minerales	En esta área se realiza el llenado de zeolita y arena en medias de nylon, creando una pastilla de mineral.
Ensamble 1	En esta área se ensambla la malla y el anillo cortado con ayuda del pegamento Kalipega.
Ensamble 2	En esta área se pega el primer cernidero (malla con anillo) y la tapa en la parte inferior del tubo con ayuda del pegamento Kalipega.
Etiquetado	En esta área se realiza la colocación del adhesivo parte externa del tubo.
Ensamble 3	En esta área se ensambla la llave en la parte inferior del tubo.
Ensamble 4	En esta área se ensambla la manguera y la jeringa en el tubo.
Ensamble 5	En esta área se ensambla arena, zeolita, algodón y el segundo cernidero que va ubicado en la parte superior del tubo.
Bodega de producto terminado	En esta área se almacena los tubos ensamblados.
Bodega de producto temporal	En esta área se almacena los inventarios en procesos que se obtiene de las estaciones.
Área de aseo	En esta área los voluntarios pueden asearse después de haber realizado la actividad de llenado de minerales.
Oficina	En esta área estarán ubicado los supervisores de planta con sus respectivos materiales de trabajo como computadoras.
Retrabajo	En esta área se almacenará temporalmente el material mal procesado.

Con la descripción previa, se procede a realizar la relación entre actividades como se muestra en el diagrama, pero primero se establece el criterio para asignar la cercanía y el criterio para definir la razón de la calificación que se le otorga a la relación entre actividades en el diagrama de relaciones.

Tabla 16 Representación para importancia de cercanía

Código	Cercanía	Valor
A	Absolutamente necesario	4
E	Especialmente importante	3
I	Importante	2
O	Cercano	1
U	Sin importancia	0
X	No deseable	-1
Código	Razón	
0	No hay flujo material	
1	Bajo flujo material	
2	Mediano flujo material	
3	Alto flujo material	

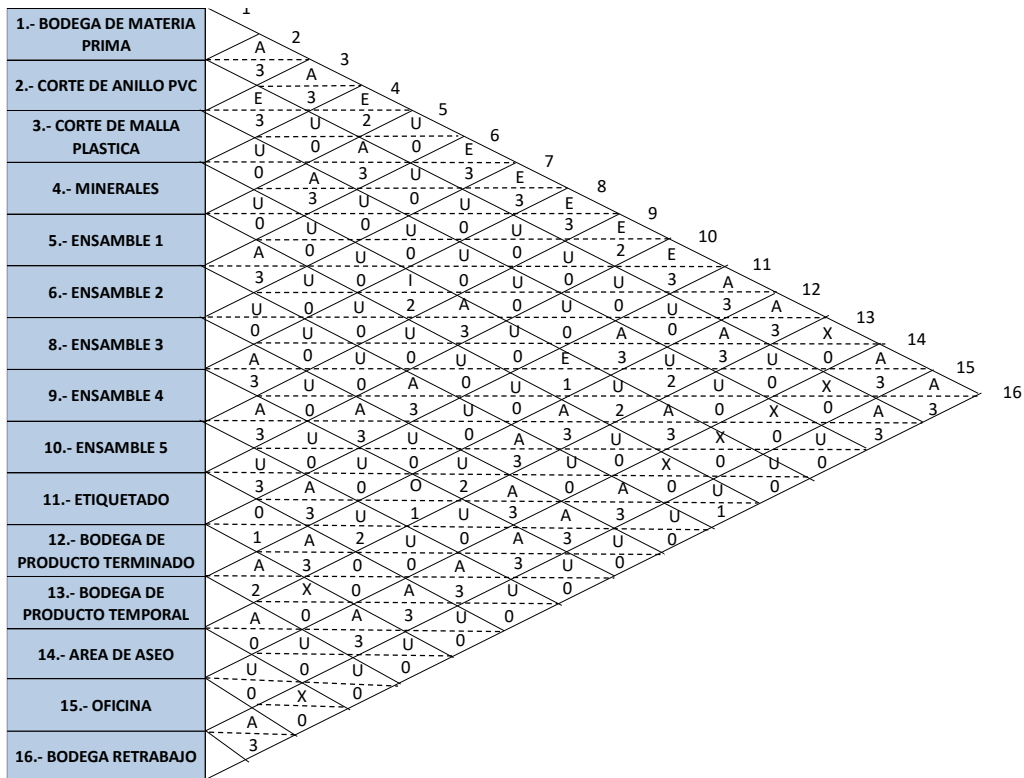


Figura 2.17 Diagrama de relación entre actividades

Como resultado del análisis de relaciones entre áreas, se obtiene los siguientes flujos:

Tabla 17 Matriz de resultado de la evaluación de la relación entre actividades

	BMP	C1	C2	M	E1	E2	E3	E4	E5	ET	BPT	BT	AS	O	BRT	TOTAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
BMP	1	4	4	3	0	3	3	3	3	3	4	4	-1	4	4	41	
C1	2		3	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	-1	4	14	
C2	3			0	4	0	0	0	0	0	0	4	0	-1	0	7	
M	4				0	0	0	2	4	0	3	0	4	-1	0	12	
E1	5					4	0	0	0	0	0	4	0	-1	0	7	
E2	6						0	0	0	4	0	4	0	4	0	12	
E3	7							4	0	4	0	0	4	4	0	16	
E4	8								4	0	0	0	0	4	0	8	
E5	9									0	4	0	0	4	0	8	
ET	10										0	4	0	4	0	8	
BPT	11											0	-1	4	0	3	
BT	12												4	0	0	4	
AS	13													0	-1	-1	
O	14														4	4	
BRT	15																
																Flujo Total	143

Podemos observar que el área que tiene mayor interacción es el área de bodega de materia prima con 32 puntos de flujo. Este resultado enfatiza que el área debe estar

cerca de las áreas a quien le provee el material directamente y a una frecuencia de uso alta ya que sería eficiente que ambas áreas estén cerca por necesidad.

Representación nodal

En la gráfica se muestra la representación nodal del diagrama de relaciones para facilidad de visualización, de esta forma se ve claramente cuáles son las áreas que se encuentran más fuertemente enlazadas. La tabla 18 muestra la representación del valor numérico en códigos de líneas para la representación nodal.

Tabla 18 Representación gráfica y numérico de criterio de cercanía entre actividades

Valor	Número	Código de línea
A	4	
E	3	
I	2	
O	1	
U	0	
X	-1	

Tabla 19 Simbología de las áreas

Área	Símbolo	Área	Símbolo
Bodega de materia prima	BMP	Ensamble 5	A5
Área de corte de anillo	C1	Etiquetado	L
Área de corte de malla	C2	Bodega de producto terminado	BPT
Minerales	M	Bodega de producto temporal	BT
Ensamble 1	A1	Área de aseo	AS
Ensamble 2	A2	Oficina	O
Ensamble 3	A3	Retrabajo	BRT
Ensamble 4	A4		

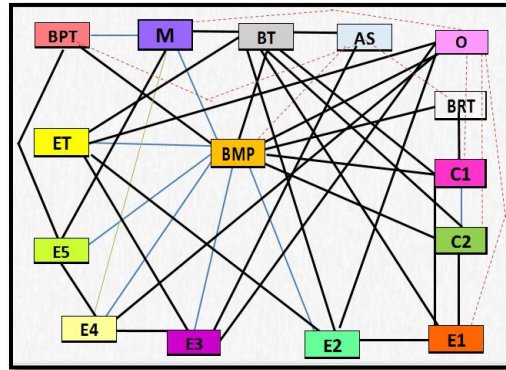


Figura 2.18 Representación nodal

2.5.2 Análisis de espacio

Para determinar el espacio en m² que debe tener cada área establecida, se utiliza criterios basados en seguridad, ergonomía y flujos de material y personal.

Bodega de materia prima

En esta área se almacenan los siguientes materiales:

- ✓ 117 tubos de 60 cm de altura y diámetro de 20.3 cm.
- ✓ 100 sacos de zeolita de 25 kg.
- ✓ 100 sacos de arena de 25 kg.
- ✓ 100 fundas de algodón (70g).
- ✓ 1 caja de 100 jeringas.
- ✓ 2 cajas de 50 medias de nylon.
- ✓ 16 fundas de mangueras de suero.
- ✓ 224 anillos de PVC de diámetro 20.3 cm y altura de 4 cm.
- ✓ 2 rollo de malla plástica de 9x1 m.

Según el Consejo Colombiano de Seguridad, el apilamiento de sacos se lo debe realizar en estibas de 5 en 5, máxima altura de 2 estibas. Los sacos son almacenados temporalmente en un área externa al área de producción, ubicada en el primer piso del edificio de la Escuela de Diseño y Comunicación Visual (EDCOM).

Las jeringas, mangueras, algodón y mallas se los almacenarán en gavetas de 42 x 32 cm, no apilados. En esta área no se usarán estanterías.

A base de la información obtenida, se establece una medida de 1.50 x 3.7 m para el almacenamiento de tubos, anillos, jeringas, mangueras, algodón y mallas.

Área de corte de anillo, corte de malla, ensamble 1, ensamble 2, ensamble3, ensamble 4, ensamble 5 y etiquetado

En estas áreas se considera entre 1 o 2 personas para que se realicen las actividades determinadas. Considerando la ergonomía y la seguridad de los operadores, se define el espacio considerando la siguiente cláusula:

- ✓ Según el artículo 22 del Decreto 2393 por cada trabajador debe considerarse un área de 2 m².

A base de la información obtenida y analizando la actividad de cada área, no se necesitan espacios mayores de 2 m², es decir, se establece una medida de 2 m² ya que se trabajarán con mesas de 0.8 x 1 m cada área.

Área de minerales

En esta área se consideran 2 personas para que realicen la actividad de llenado de arena y zeolita en las medias de nylon. Tomando en cuenta la ergonomía y la seguridad de los operadores, se define el espacio de trabajo con la siguiente cláusula:

- ✓ Según el artículo 22 del Decreto 2393 por cada trabajador debe haber un área de 2 m².

A base de la información obtenida, se establece una medida de 2 m².

Área de bodega de producto terminado

En esta área se almacena los 100 filtros de agua una vez ensamblados, cada filtro tiene una medida de 20.3 cm de diámetro y altura de 60 cm. Considerando estas medidas, se propone utilizar un área de 1.5 x 3.7 m.

Área de bodega temporal

En esta área se almacena el inventario en proceso de las estaciones de trabajo. Considerando que la producción se lo realiza diariamente y las estaciones subsiguientes se encuentran activadas. Se propone utilizar un área de 9 x 0.50 m.

Área de retrabajo

En esta área se almacena materiales que no han sido ensamblados de manera correcta. Se propone utilizar un área de 1.5 x 4.2 m.

Área de aseo

El área de aseo va dirigida solo para realizar aseo de las manos. Se propone utilizar un área de 0.5 x 1 m.

Área de oficina

El área de oficina es considerada para realizar actividades mediante el uso de computadoras y también reuniones con los voluntarios. Según el artículo 22 del Decreto 2393, menciona que para una estación de trabajo se establece que una persona necesita una superficie de 2 m², en este caso se considera dos personas en el área. Se propone utilizar un área de 3.7 x 3.5 m.

2.5.3 Propuesta de alternativas de diseño

Para realizar las propuestas de diseño, primero se define la cantidad de bloques que se usará por cada área, considerando que el área donde se instalará la línea de producción de filtros de agua es de 14 x 10 m. Los bloques representarán la medida de 1 m² para la formación de las áreas propuestas.

Tabla 20 Espacio de las áreas

Área	Medidas m ²	Número de bloques
Bodega de materia prima	5.6	6
Área de corte de anillo	2	2
Área de corte de malla	2	2
Minerales	2	2
Ensamble 1	2	2
Ensamble 2	2	2
Ensamble 3	2	2
Ensamble 4	2	2
Ensamble 5	2	2
Etiquetado	2	2
Bodega de producto terminado	5.55	6
Bodega de producto temporal	4.5	5
Área de aseo	0.5	1
Oficina	13	13
Retrabajo	6.3	6

Se realizan 5 propuestas de diseño como se muestra en las siguientes gráficas:

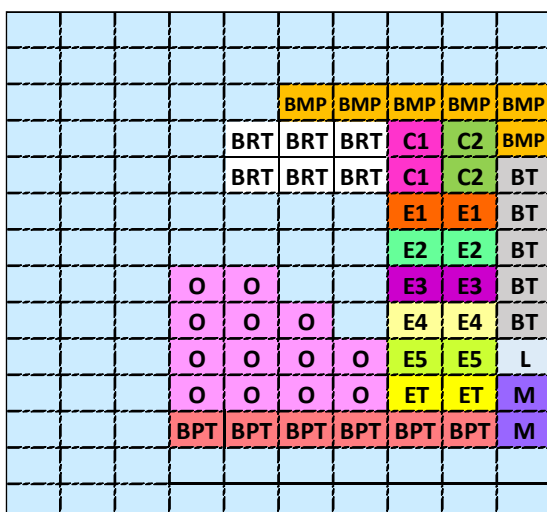


Figura 2.19 Propuesta 1

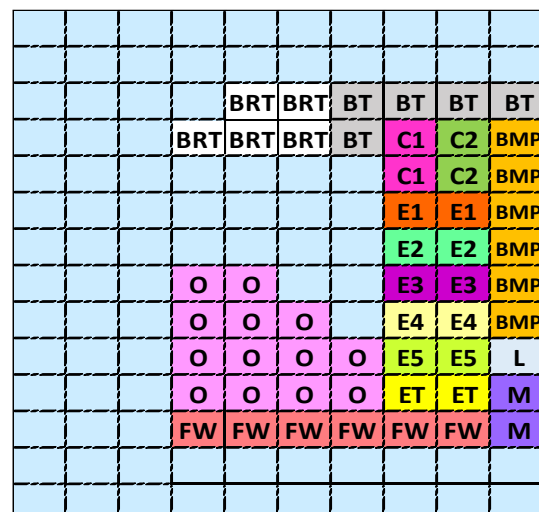


Figura 2.20 Propuesta 2

				BMP	BMP	BMP	BMP	BMP	BT
							N	R	BT
							N	R	BT
							A1	A1	BT
							A2	A2	BT
	O		L	L	A5	A5	A4	A4	L
	O	O	O	O	BPT	BPT		BRT	M
	O	O	O	O	BPT	BPT	BRT	BRT	M
	O	O	O	O	BPT	BPT	BRT	BRT	BRT

Figura 2.21 Propuesta 3

		O	O	O	O	BMP	BMP	BMP	BMP
			O	O	O	BMP	C1	C2	BT
			O	O	O		C1	C2	BT
			O	O	O		A1	A1	BT
							A2	A2	BT
							A3	A3	BT
			L	L	A5	A5	A4	A4	L
			BPT	BPT	BPT	BPT		BRT	M
				BPT	BPT	BPT	BRT	BRT	M
							BRT	BRT	BRT

Figura 2.22 Propuesta 4

				BRT	BRT	BRT	BRT	BMP	BMP	BMP	BMP
							BRT	BMP	C1	C2	BT
									C1	C2	BT
									E1	A1	BT
	O								E2	A2	BT
	O								ET	ET	BT
	O	O							E3	E3	AS
	O	O	O						E4	A4	M
	O	O	O						E5	A5	M
	O	O	O	BPT	BPT	BPT	BPT	BPT	BPT	BPT	BPT

Figura 2.23 Propuesta 5

2.5.4 Evaluación de alternativas de diseño

Para realizar las evaluaciones de las alternativas de diseño, se elige el método de ratio de eficiencia la cual determina la mejor alternativa con respecto al flujo de materiales y personas.

El método del ratio de eficiencia consiste en analizar y evaluar la cercanía y el flujo existente entre las áreas. La primera evaluación se realiza una evaluación de cercanía la cual se forma una matriz de 0 y 1. El 0 significa que están lejos las áreas y

el 1 significa que están cerca. La siguiente evaluación que se realiza es a base del análisis de relaciones entre actividades con respecto a la importancia entre áreas, de esta forma se acredita valores definidos como:

Tabla 21 Valores de ponderación

Valor	Número
A	4
E	3
I	2
O	1
U	0
X	-1

Luego ambas matrices se multiplican entre sí y al final se suma dichos valores obteniendo el flujo total de la propuesta establecida. **Ver apéndice A**

En el siguiente cuadro se mostrará el resultado de la eficiencia por cada alternativa:

Tabla 22 Resultado de eficiencia de las propuestas

Propuesta	Porcentaje de eficiencia
Propuesta # 1	83.9%
Propuesta # 2	78.3%
Propuesta # 3	52.4%
Propuesta # 4	60.8%
Propuesta # 5	86.9%

Se puede observar la propuesta # 5 ocupa mejor los espacios del área y está mejor distribuido para implementarlo la línea de producción. El beneficio de esta propuesta es que se estaría usando de mejor manera el área considerando a su vez la expansión en caso de que exista aumento de demanda a mediano y largo plazo. Además, el área donde será implementada la línea de producción no es tan grande para poder instalar las estaciones siguiendo un flujo en línea recta.

2.6 Diseño de layout

Para graficar el diseño del layout se procedió a realizarlo por medio del programa AutoCAD 2D 2015. Se considera toda el área del aula de técnicas pictóricas para posibles expansiones, aunque la realidad solo se puede utilizar la cuarta parte del área total.

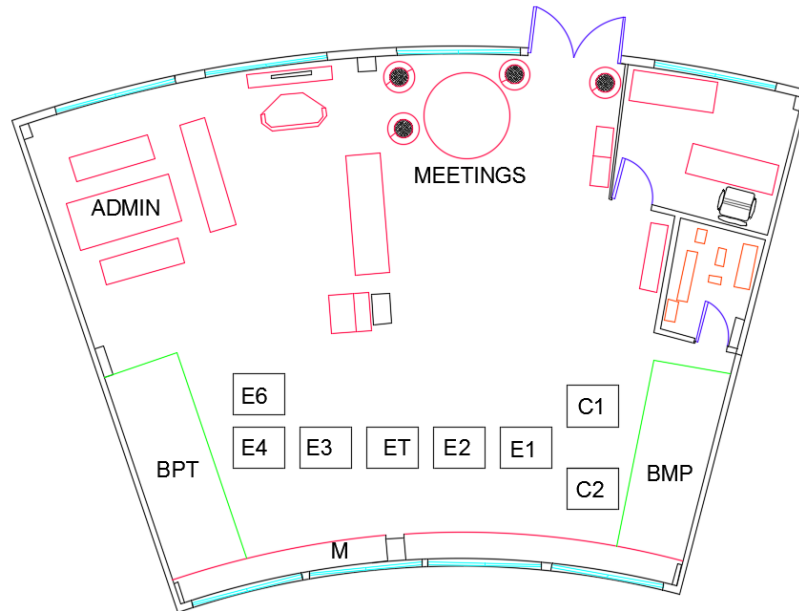


Figura 2.24 Plano en 2D del layout propuesto

Para una mejor observación sobre el diseño de la planta, se realizó el diseño en el programa Sketchup 3D 2016.

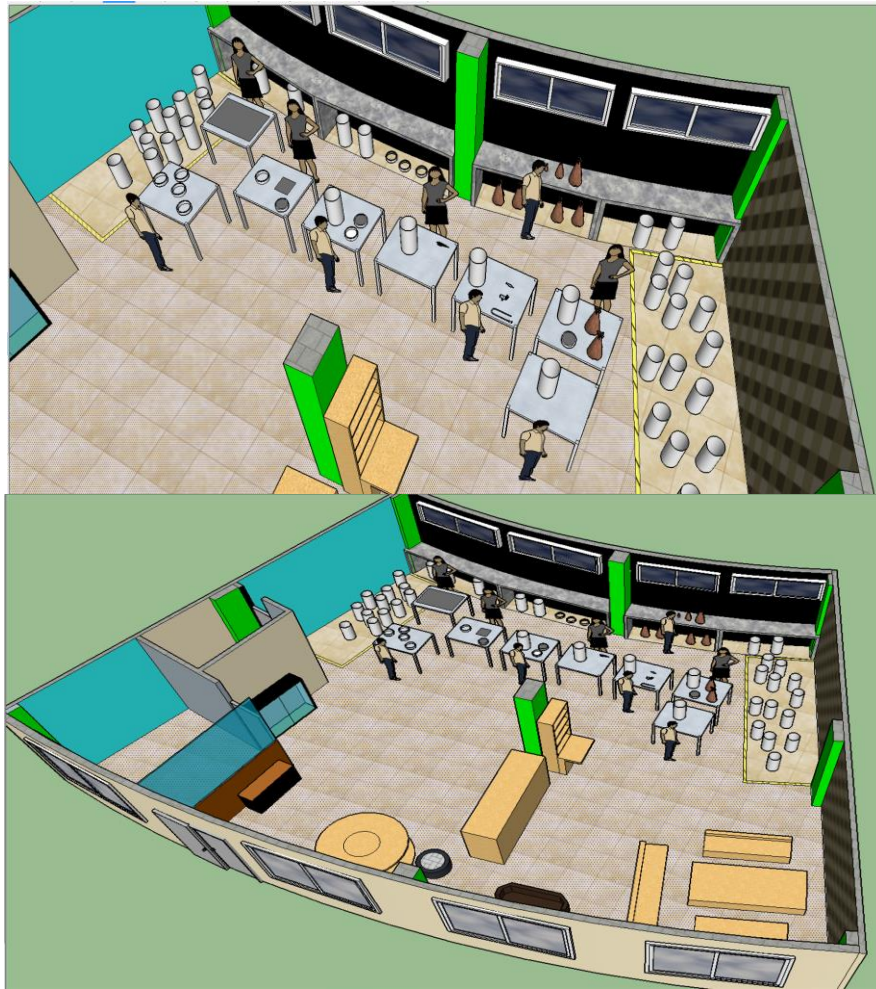


Figura 2.25 Plano en 3D del layout propuesto

2.7 Planificación de la implementación

La solución a la falta de agua potable que tienen los refugiados de la parroquia San José de Chamanga es el implementar una línea de producción de filtros de agua artesanal para producir 100 filtros. Este acuerdo se consolidó con la organización no gubernamental de Mi Cometa.

Para la implementación de la línea de producción se considera lo siguiente:

- ✓ **Ubicación:** Se lo implementará en EDCOM en el aula de técnicas pictóricas (B301).
- ✓ **Mano de obra:** Se realiza convocatoria a estudiantes de la carrera de Ingeniería industrial para que participen en la implementación y desarrollo de la producción con el objetivo de que apliquen conocimientos adquiridos durante la carrera.

- ✓ **Financiamiento:** Para el logro de la producción, se considera la búsqueda de donadores en el cual participaron en esta causa FEPO y 2 voluntarias de nacionalidad alemana.

Para lograr tener los recursos requeridos y proceder con la implementación se establece el siguiente plan de implementación:

Tabla 23 Plan de implementación

PLAN DE IMPLEMENTACION Y DESARROLLO DE LINEA DE PRODUCCION																	
Actividades	Responsables	Semanas															
		Mayo				Junio				Julio				Agosto			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Implementacion de linea de produccion																	
1.-Busqueda de donadores	Carlos Angulo	█	█	█	█												
2.-Convocar pasantes de ingenieria industrial	Carlos Angulo	█															
3.-Localizar area para implementacion de linea de produccion	Dayanna Moyano Jorge Velasco	█															
4.-Busqueda de proveedores para compras de materiales y herramientas de trabajo	Ingrid Vacacela	█															
5.-Planificacion de compras a proveedores seleccionados	Ingrid Vacacela	█	█														
6.-Planificacion de personal	Carlos Angulo	█	█														
7-Induccion a pasantes sobre proyecto de produccion de filltros de agua	Dayanna Moyano Jorge Velasco Carlos Angulo		█	█													
8.-Implementacion de la linea de ensamble	Dayanna Moyano, Jorge Velasco, Carlos Angulo, Ingrid Vacacela, Pasantes				█												
Durante la produccion de filtros de agua																	
Conocimiento de los procesos	Pasantes					█	█	█	█	█	█	█	█				
Estudio y estandarizacion de tiempo de cada operacion	Ingrid Vacacela, Katherine Obando, Daniela Dreher, Leonardo Solano					█	█	█	█	█	█	█	█				
Balaneo de linea	Carlos Angulo, Jhalmar Lombeida, Gabriela Pesantes													█	█	█	█
Control estadisticos en area de corte	Carlos Pino, Carlos Figueroa, Jean Carlos Coronel													█	█	█	█
Inspecciones planeadas para mantener la seguridad en el area	Josep Sanches, Ferez Barquet													█	█	█	█
Aplicacion de tecnicas de generacion de causas (mejora continua)	David Paredes, John Campana, Luis Lopez Alvarado													█	█	█	█
Evaluacion y seguimiento de mejoras	Pasantes, Dayanna Moyano, Jorge Velasco															█	█

Además de implementar la línea de producción, se les establece a las pasantes actividades en la cual requiere la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la producción. Este acuerdo beneficia tanto a los estudiantes como a la mejora del desarrollo de la producción.

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.1 Simulación

El objetivo de simular la línea de ensamble es para ver el comportamiento que tiene la línea de producción de manera continua, analizando a su vez la interacción de los recursos y resultados de los parámetros de producción como tiempo de ciclo y trabajo en proceso.

Para el desarrollo de la simulación de la línea de producción de filtros de agua, se utilizó la herramienta Promodel 4.22. Se simuló 2 escenarios de la línea de producción y son los siguientes:

1. Producción de filtros de agua en una línea de ensamble no balanceada (implementada).
2. Producción de filtros de agua en una línea de ensamble balanceada con inventario controlado a través del sistema de producción CONWIP.

Para realizar la simulación de los 2 escenarios, primero se establece las siguientes condiciones:

1. Se considera los tiempos estandarizados por cada tarea.
2. La llegada de materia prima a la bodega es infinita.
3. La jornada laboral es de 8 h diarias.
4. No se considera operación de reproceso ni paradas no programadas.

Producción de filtros de agua en una línea de ensamble no balanceada (implementada)

Se simula la línea de ensamble implementada en la vida real como un Sistema Push debido a que los productos fluyen libremente en el sistema. El tiempo de cada estación es el tiempo de cada tarea obtenido por el estudio de tiempo, ya que en este caso se asignó una tarea por cada estación. El objetivo de este primer escenario es ver cómo afecta a los parámetros de desempeño como tiempo de ciclo e inventario en proceso.

3.1.1 Desarrollo del modelo

A base del diagrama de proceso de la línea de producción mostrado en la figura 3.1 Las entidades establecidas en Promodel se muestran a continuación:









Icon	Name	Speed (fpm)
	Anillo_con_malla	150
	Tubo	150
	Tapa	150
	Llave	150
	Etiqueta	150
	Jeringa	150
	Minerales	150
	Algodon	150

Figura 3.1 Entidades

Las locaciones establecidas para el desarrollo de la simulación se muestran en la siguiente figura:





















Icon	Name	Cap.	Units
	Corte	1	1
	Ensamble_1	1	1
	Ensamble_2	1	1
	Ensamble_3	1	1
	Etiquetado	1	1
	Ensamble_4	1	1
	Ensamble_5	1	1
	Ensamble_final	1	1
	Bodega_Materia_Prima	inf	1
	WIP_10	inf	1
	Bodega_Producto_Terminado	inf	1
	Llenado_Minerales_1	1	1
	WIP_1	inf	1
	WIP_3	inf	1
	WIP_4	inf	1
	WIP_5	inf	1
	WIP_6	inf	1
	WIP_7	inf	1
	WIP_8	inf	1
	WIP_9	inf	1

Figura 3.2 Locaciones

Considerando los recursos existentes y disponibilidad de espacios analizados anteriormente para la implementación de la línea de producción, se asigna una tarea

por cada estación dando como resultado un total de 9 estaciones (sin considerar materia prima y bodega final) con capacidad de 1 debido a que una sola persona opera en cada estación excepto en la estación de llenado que son 2 personas operando. Asimismo, se agrega locaciones llamadas WIP (Work in Process) para que las partes alimenten a la siguiente estación ya que en caso de que esté ocupada, la parte quede en espera en la locación WIP. El producto es quien se mueve debido a que se encuentra sujeto a una línea de ensamble.

La bodega de materia prima sirve para almacenar los materiales que llegan del proveedor y una vez procesados pasan a la bodega de producto terminado. En la siguiente figura se muestra la representación gráfica de la línea de ensamble en el software Promodel.

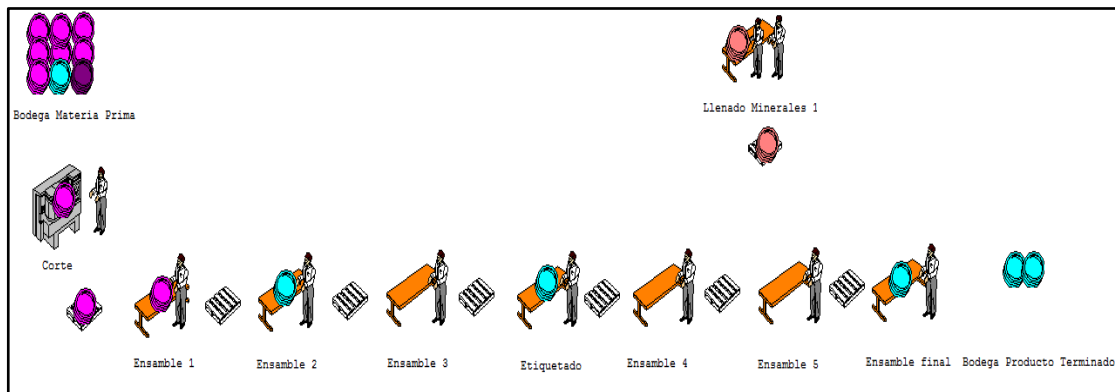


Figura 3.3 Modelo

Análisis de parámetro de desempeño

Para el análisis del tiempo de ciclo y trabajo en proceso, se procede a trabajar con una simulación no terminal debido que al momento de finalizar la corrida aun contaba la planta con una cantidad determinada de inventario en proceso en una jornada laboral de 8 horas.

Tiempo de ciclo

Para calcular el tiempo de ciclo de la producción de 1 filtro de agua, se crea un comando llamado clock el cual contará el tiempo transcurrido de la entidad tubo en el sistema, considerando tiempos de espera, de bloqueo y de operación. Se elige a la entidad tubo debido a que éste, está sujeto a la transformación para convertirse en filtro y por consiguiente llama al resto de entidades para realizar el ensamble en cada estación.

Para lograr el objetivo, se trabaja con la herramienta de gráfica dinámica en la cual se lo dejó correr por 1,600 minutos (27 h) para asegurar la estabilización del tiempo de ciclo.

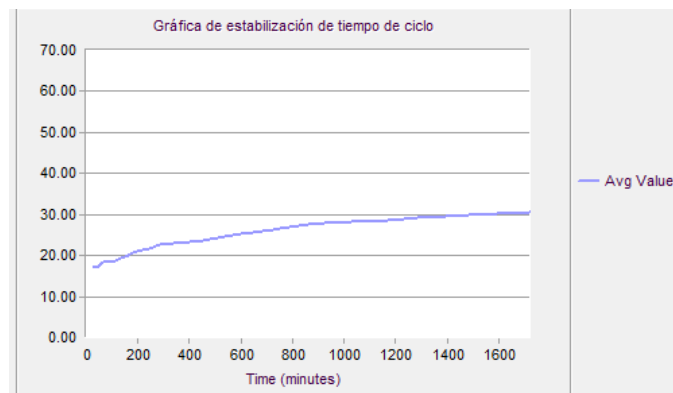


Figura 3.4 Estabilización de tiempo de ciclo

Se puede observar que la estabilidad de los datos empieza desde 1,400 minutos, es decir, que para obtener el ciclo de tiempo promedio real se debe realizar la corrida desde 1,400 minutos.

Inventario en proceso

Para calcular el inventario en proceso de la producción de 1 filtro de agua, se crea un comando llamado contador para determinar cuántos tubos aún quedan sin ensamblar completamente al finalizar el día. Se elige a la entidad tubo debido a que éste, está sujeto a la transformación para convertirse en filtro y por consiguiente llama al resto de entidades para realizar el ensamble en cada estación.

Para lograr el objetivo, se trabaja con la herramienta de gráfica dinámica en la cual se lo dejó correr por 2,100 minutos (35 h) para asegurar la estabilización del inventario en proceso de la entidad.

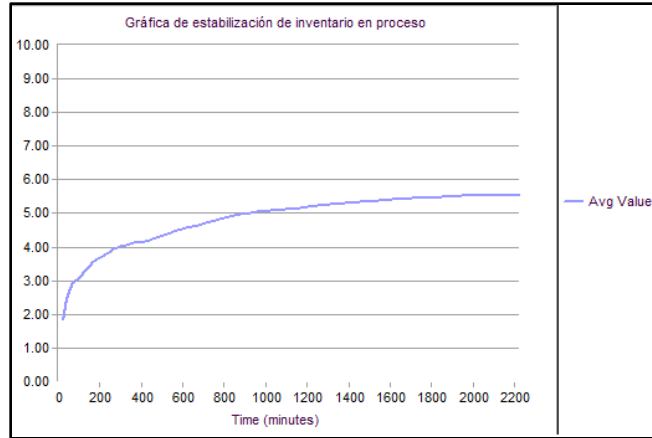


Figura 3.5 Estabilización de inventario

Se puede observar que la estabilidad empieza desde 1,850 minutos.

Resultados

Analizando el tiempo de estabilización de cada parámetro de desempeño, se decide tener un warm up time de 1,850 minutos para realizar la corrida nuevamente y de esa forma obtener datos más aproximados.

Una vez realizada la corrida por 2,775 minutos, se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 24 Parámetros

Parámetro de desempeño	Resultado
Tiempo de ciclo	30.66 min
WIP filtros	6

Además, se analiza las utilizaciones de cada máquina y muestra estaciones con muy alto porcentaje de utilización como la estación de corte, ensamble 1, ensamble 2 y llenado de minerales debido a que se le está ingresando una cantidad muy grande de material en aquellas estaciones, es decir no hay control de inventario.

línea ensamble corregido.MOD (Normal Run - Rep. 1)								
Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Corte	22.00	1.00	705.00	1.87	1.00	1.00	1.00	100.00
Ensamble 1	22.00	1.00	377.00	3.50	1.00	1.00	1.00	99.88
Ensamble 2	22.00	1.00	189.00	6.99	1.00	1.00	1.00	100.00
Ensamble 3	22.00	1.00	188.00	0.38	0.05	1.00	0.00	5.42
Etiquetado	22.00	1.00	188.00	4.49	0.64	1.00	1.00	63.88
Ensamble 4	22.00	1.00	187.00	3.46	0.49	1.00	0.00	48.96
Ensamble 5	22.00	1.00	187.00	1.24	0.18	1.00	0.00	17.56
Ensamble final	22.00	1.00	187.00	0.92	0.13	1.00	0.00	13.02
Bodega Materia Prima	22.00	999999.00	621286.00	657.12	309237.50	618467.00	618467.00	30.92
WIP 10	22.00	999999.00	987.00	535.82	400.58	800.00	800.00	0.04
Bodega Producto Terminado	22.00	999999.00	187.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Llenado Minerales 1	22.00	1.00	988.00	1.34	1.00	1.00	1.00	100.00
WIP 1	22.00	999999.00	704.00	304.66	162.46	327.00	327.00	0.02
WIP 3	22.00	999999.00	188.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
WIP 4	22.00	999999.00	188.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
WIP 5	22.00	999999.00	188.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
WIP 6	22.00	999999.00	187.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
WIP 7	22.00	999999.00	187.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
WIP 8	22.00	999999.00	187.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
WIP 9	22.00	999999.00	188.00	8.16	1.16	2.00	1.00	0.00

Figura 3.6 Utilización

Además se puede observar que hay estaciones que tienen muy bajo porcentaje de utilización como la estación de ensamble 4, ensamble 5 y ensamble final. Esto nos indica de que existe tiempo ocioso en estas estaciones debido a que los tiempos son muy menores con respecto a las otras operaciones.

Para esto se aplicará primeramente el balanceo de línea para equilibrar los tiempos de las estaciones de trabajo y una vez balanceada se aplicará el sistema de producción conwip para reducir el inventario en proceso y a su vez disminuir el porcentaje de utilización de las estaciones anteriormente mencionadas.

Producción de filtros de agua en una línea de ensamble balanceada y controlada con CONWIP

Se puede observar que la línea no está balanceada debido a que hay estaciones que tienen muy baja utilización y otras muy altas. Debido a estas razones, se decide desarrollar un nuevo escenario donde los tiempos de las estaciones se encuentren balanceada con el fin de aumentar la productividad del proceso.

Para realizar la simulación, primero se realiza el balanceo de la línea y luego se simula la línea de ensamble con las condiciones especificadas anteriormente.

3.1.2 Balanceo de línea

Se muestra en la tabla, las operaciones que conforman la línea de ensamble y sus predecesoras.

Tabla 25 Estaciones y tiempos de operación

Operación	Código	Tiempo de operación min	Operación Predecesora
Corte 1	C1	1.49	-
Corte 2	C2	0.38	-
Ensamble 1	E1	3.49	C1, C2
Ensamble 2	E2	2.13	E1
Ensamble 3	E3	0.38	E2
Etiquetado	ET	1.35	E3
Ensamble 4	E4	1.18	E4
Ensamble 5	E5	4.49	E5
Llenado de arena	A	3.43	-
Llenado de zeolita	Z	1.24	-
Ensamble final	EF	0.91	E5, A, Z

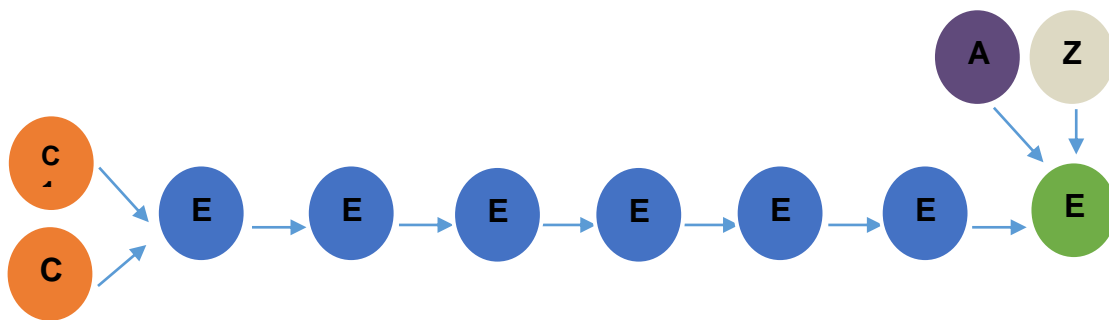


Figura 3.7 Diagrama de precedencia

Una vez obtenido el diagrama de precedencia se calcula las estaciones de trabajo que serán necesarias, de acuerdo a la demanda que se ha establecido y el tiempo de ciclo.

$$C_T = 480/82 = 5.85 \text{ min/filtro} \quad (3,1)$$

$$N^{\circ} \text{ de estaciones} = \frac{\sum \text{Operaciones}_i}{\text{Cicle Time}} = \frac{20.47}{5.85} \approx 4 \text{ estaciones} \quad (3,2)$$

Tabla 26 Estaciones balanceadas

Estación	Operaciones	Tiempo de operación (min)	Tiempo no asignado (min)
1	C1	1.49	4.36
	C2	0.38	3.98
2	E1	3.49	0.49
	E2	2.13	3.72
	E3	0.38	3.34
	Z	1.35	1.99
3	A	1.18	0.81
	ET	4.49	1.36
4	E4	3.43	2.49
	E5	1.24	1.18
	EF	0.91	0.27

Entonces, las estaciones de trabajo para la línea de ensamble quedarían gráficamente de la siguiente manera:

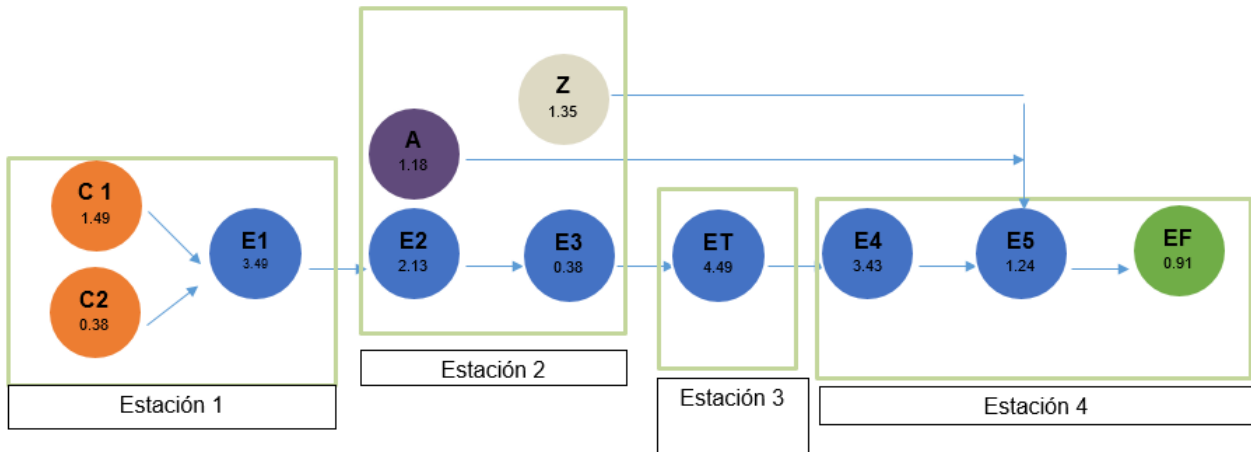


Figura 3.8 Diagrama de precedencia balanceado

Podemos observar que la estación 1 está conformado por 3 estaciones que sirve para la formación de anillo con malla ya que luego en la estación 2 se necesita para ensamblar en conjunto con el tubo PVC.

En la estación 2 se coloca 4 estaciones, 2 de ellas realizan actividades paralelas a la línea de ensamble en cambio la E2 y E3 son 2 actividades que dependen de material procesado de la anterior estación.

La estación 3 está conformado por una sola estación debido a que este tiene el tiempo de ejecución más alto con respecto a las otras actividades, dejando un tiempo muerto de 1.36 min.

La estación 4 está conformado por las 3 últimas actividades de ensamble que son el pegamento de la llave, la puesta del sistema de dosificación y finalmente el ensamble final.

Dado lo anterior, se procede a calcular el número de operarios necesario para cada estación de trabajo, para lo cual obtenemos:

La velocidad de producción de filtros por minuto:

$$\text{Velocidad de producción} = \frac{82}{480} = 0.17 \frac{\text{filtro}}{\text{min}} \quad (3,3)$$

Número de operarios necesarios en la línea de producción con una eficiencia del 95%:

$$N^{\circ} \text{ de operarios para la línea de producción} = \frac{20.47 * 0.17}{0.95} = 3.68 \approx 4 \text{ operarios} \quad (3,4)$$

El porcentaje de eficiencia de la línea es de 87.5% debido a que se ajustó a la cantidad de 4 estaciones con 1 operario cada estación.

Desarrollo del modelo

Se programa en Promodel con la cantidad de estaciones y operarios obtenidos como resultado en el balanceo de línea como se muestra a continuación:

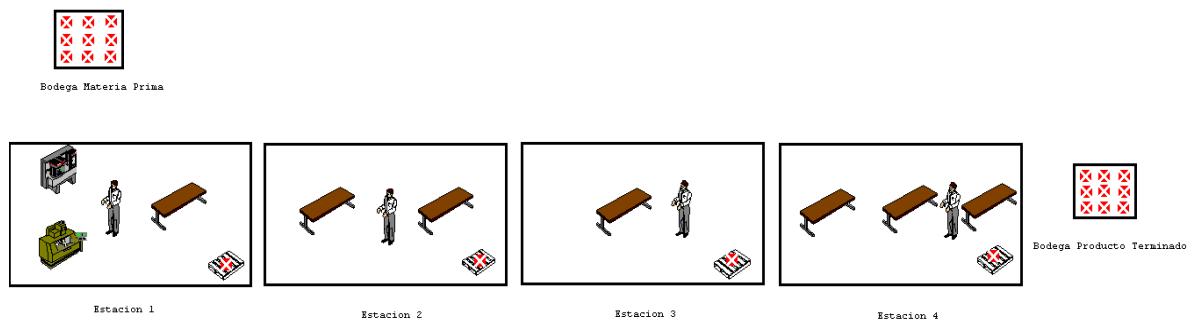


Figura 3.9 Modelo balanceado

Aplicando el teorema de adición, se procede a realizar la suma de los tiempos los cuales tienen una distribución normal, dando como resultado lo siguiente:

Tabla 27 Tiempos por estaciones balanceadas

Tareas	μ (min)	σ^2 (min)	
Corte 1	1,49	0,0169	Estación 1
Corte 2	0,38	1E-04	
Ensamble 1	3,5	0,0121	
Total	4,99	0,029	
Ensamble 2	2,13	0,1697	Estación 2
Ensamble 3	0,38	0,001	
Total	2,51	0,1708	
Ensamble 4	3,43	0,5041	Estación 4
Ensamble 5	1,24	0,1126	
Ensamble final	0,912	0,133	
Total	5,58	0,750	

3.1.3 Aplicación de CONWIP

A base del conocimiento sobre el producto, demanda y proceso de la producción de filtros de agua, se realizó un análisis con respecto a las dimensiones de las 3 categorías mencionadas para poder determinar el tipo de sistema de producción a la que se puede sujetar la línea de ensamble y de esa forma controlar el flujo de material en el sistema.

En el siguiente cuadro, se muestra el resultado del análisis de cada dimensión con respecto a cada sistema de producción:

Tabla 28 Diagrama de comparación de Sistemas de control de producción

	Dimensión	Categoría	MRP	Kanban	WLC	DBR	SDBR
Producto	Nivel de personalización	Standard Producto	9	9	1	1	1
	Estructura de producto	Productos Multinivel	9	-9	-9	-9	-9
Procesos	Patrón de proceso	Flujo lineal rígido	9	9	1	9	9
	Set ups time	Tiempos de cambios independientes	9	9	9	9	9
	Información de producción	General/esparcido	-9	9	-9	9	9
	Nivel de entrenamiento	Bajas destrezas	-9	9	-9	1	9
	Variabilidad en tiempo de proceso	Baja variabilidad	1	3	1	9	9
Mercado	Ventaja competitiva	Calidad	3	9	1	1	1
	Nivel de repetitividad	Sistema de producción repetitivo	9	9	9	9	9
TOTAL			31	57	-5	39	47

Tabla 29 Escala

Grado	Categorización
9	Correlación altamente positiva
3	Correlación algo positiva
1	Neutral
-3	Correlación algo negativa
-9	Correlación altamente negativa

El PPC con mayor puntaje es el Kanban, de acuerdo a las dimensiones identificadas en el producto, proceso y mercado de la línea de producción de filtros de agua. Adicionalmente, estaría considerado el análisis del sistema de producción CONWIP debido a que tiene características similares al sistema Kanban y las ventajas de trabajar con este sistema son menos complejas en la implementación y operación de la línea.

Se realiza la aplicación del Sistema CONWIP en la simulación de la línea de producción de filtros de agua con el objetivo de controlar el inventario en proceso dentro del Sistema de producción. Además, con los resultados de utilización obtenidos anteriormente se pudo observar que existe un porcentaje de 100% de utilización de las estaciones de corte, ensamble1, ensamble 2 y llenado de minerales. Esto da como resultado a largo plazo que se tenga una fila infinita de inventario en proceso y no es recomendable para la planta.

Como solución a este problema, se decide aplicar este sistema de producción para controlar el inventario que ingresa al sistema.

Para determinar la cantidad de tarjetas o material que debe ingresar al sistema, se aplica la siguiente fórmula:

$$Th = \frac{w * r_b}{w + w_0 - 1} \quad (3,5)$$

w = Número de tarjetas

r_b = Tasa de cuello de botella en este caso estación 2

w_0 = Nivel crítico de WIP de la línea, con un máximo TH operando al cuello de botella

Para determinar de una mejor forma el número de tarjetas, se realizará varios escenarios con diferentes CONWIP para ver hasta dónde llega la máxima utilización de las estaciones.

Tabla 30 Utilización por estación

Número de partes	Utilización Estación 1	Utilización Estación 2	Utilización Estación 3	Utilización Estación 4
3	80.44%	98.20%	65.79%	79.95%
4	96.45%	99.87%	78.95%	94.10%
5	95.82%	99.88%	78.31%	96.15%
>6	98.79%	99.87%	80.86%	96.88%

Podemos observar que, si se le sigue aumentando la cantidad de partes en el sistema, la utilización de las estaciones sigue incrementando haciendo que a largo plazo pueda explotar el sistema. Aplicando los parámetros en la fórmula y además el análisis de los escenarios propuesto, se obtiene que sería ideal que se maneje el sistema CONWIP con 4 partes, considerando la tasa del cuello de botella (0.179 filtro/min) y el TH de la línea (0.125 filtro/min).

Análisis de parámetro de desempeño

Tiempo de ciclo

Se trabaja con una simulación no terminal para determinar la estabilidad de los parámetros de desempeño de tiempo de ciclo e inventario en proceso de los filtros. Usando la herramienta de gráfica dinámica, se dejó correr por 1,500 minutos (18 h) para asegurar la estabilización del tiempo de ciclo.

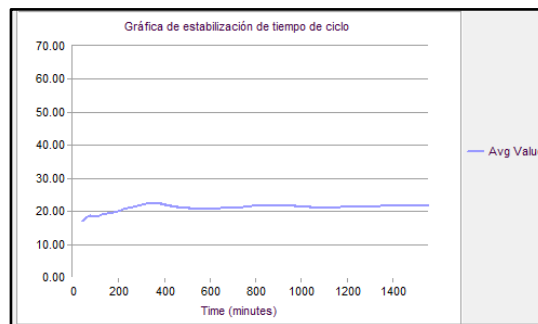


Figura 3.10 Estabilización de tiempo de ciclo

Se puede observar que la estabilidad de los datos empieza desde 700 minutos.

Inventario en proceso

Se muestra la siguiente gráfica de estabilización de inventario en proceso, realizado un recorrido de 1,800 minutos.

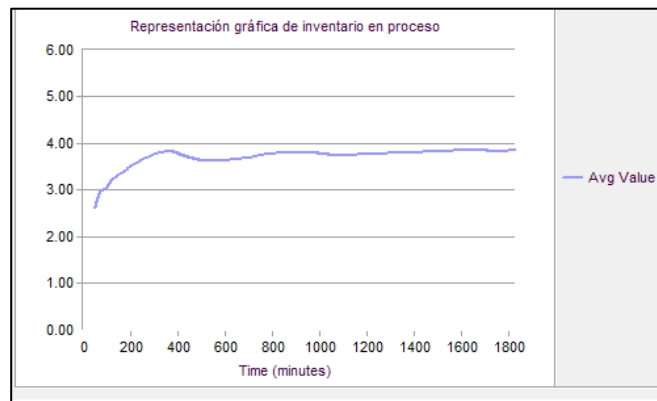


Figura 3.11 Estabilización de inventario

La estabilidad para el inventario en proceso empieza desde 1,200 minutos. Analizando ambos tiempos en la cual empieza a estabilizarse los datos de ambos parámetros de desempeño, se decide tener un warm up time de 1,200 minutos.

Una vez realizada la corrida por 1,800 minutos con un warm up time de 1,200 minutos, se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 31 Parámetros

Parámetro de desempeño	Resultado
Tiempo de ciclo	21.72 min
WIP filtros	4

3.1.4 Resultados

Comparando los dos escenarios explicados anteriormente, se obtiene los siguientes resultados:

- Escenario 1: Simulación de la línea de ensamble implementada.
- Escenario 2: Simulación de la línea de ensamble balanceada y controlada por el sistema de producción CONWIP.

Parámetros de desempeño	Línea implementada	Línea balanceada/ CONWIP
Tiempo de ciclo	30.66 min	21.18 min
Inventario en proceso (tubos en proceso)	6	4
Eficiencia	38.18%	87.5%
Número de operadores (95% de eficiencia)	9	4
% Tiempo ocioso	68.19%	12.5%
Costo de mano de obra anual	\$39,528	\$17,568

Se puede concluir que la mejor opción está en balancear la línea y controlar el sistema con la herramienta CONWIP (escenario 2) ya que al balancear la línea se pudo observar que la utilización de las estaciones aumentó debido a que se redujo el tiempo ocioso a un 12.5%. Así mismo, al usar la aplicación de la herramienta CONWIP se pudo observar que se redujo el inventario en proceso a 4, es decir a un 33.3 %.

Se ahorra alrededor de un 56% en costo por mano de obra y a su vez la línea aumenta una eficiencia alrededor del 55 %.

3.2 Análisis financiero

El análisis financiero nos permite conocer si el proyecto será rentable en un futuro, analizando durante un período de tiempo el flujo de ingresos, egresos y mostrando como resultado las ganancias del proyecto por medio de diferentes indicadores financieros que comprueban la viabilidad del proyecto.

3.2.1 Datos

El análisis financiero utiliza los siguientes datos en su desarrollo:

Tabla 32 Datos para análisis financiero

Dato	Detalle
Período de análisis	5 años
Tasa de inflación	3.08%
Tasa de incremento salarial	4.12%
Aportación patronal	12.15%
Tasa de impuesto renta	22%
Tasa de descuento	20%

Estos datos presentados se los considera debido al incremento anual existente de las tasas financieras.

3.2.2 Procedimiento

El procedimiento para realizar el análisis financiero de 5 años de operaciones fue el siguiente:

1. Estimar la inversión inicial.
2. Definir la aportación de los socios y el dinero en préstamo bancario para cubrir la inversión inicial.
3. Identificar préstamos bancarios y sus intereses de diferentes bancos.
4. Calcular la amortización del préstamo bancario para capital de trabajo y activos fijos.
5. Calcular los salarios anuales y los beneficios de la ley.
6. Analizar el costo de fabricación de un filtro.
7. Realizar el presupuesto de gastos operativos.
8. Realizar el estado de resultados de proyectados.
9. Realizar el estado de cambio de patrimonio.
10. Realizar el flujo de caja proyectado.
11. Y obtener el análisis de rentabilidad de proyecto.

Ver en apéndice B las diferentes tablas del análisis financiero.

3.2.3 Costo de fabricación de un filtro

A continuación, presentamos el costo de fabricación de un filtro:

Tabla 33 Costo de fabricación

Costo de fabricación

Detalle	Cantidad	P. unitario	P. total
Mallas	2	\$0.13	\$0.25
Tubo de PVC 50 cm alto y 8" diámetro	1	\$7.15	\$7.15
Tapas de PVC 4 cm alto y 8" diámetro	2	\$1.00	\$2.00
Llave de plástico	1	\$1.29	\$1.29
Unión de plástico	1	\$0.52	\$0.52
Neplo de plástico	1	\$0.24	\$0.24
Algodón de 70 gramos	1	\$1.16	\$1.16
Zeolita 5kg	1	\$0.52	\$0.52
Arena 4kg	1	\$0.30	\$0.30
Media nylon café	1	\$0.43	\$0.43
Media nylon negra	1	\$0.43	\$0.43
Manguera de suero	1	\$0.08	\$0.08
Inyección	1	\$0.09	\$0.09
Atomizador	1	\$0.60	\$0.60
Etiqueta	1	\$3.00	\$3.00
Total de materias primas			\$18.06
Mano de obra directa			\$2.87
Costos indirectos			\$ 0.88
Total			\$ 21.82

Un filtro tiene un costo de fabricación de \$21.82.

3.2.4 Indicadores

A continuación, se presentan los indicadores financieros:

Tabla 34 Indicadores

Indicador	Detalle
Pay Back	2.81
TIR	24%
VAN Real	\$ 18,825.35
Punto de equilibrio	22348
Inversión inicial	\$ 232,360.53

El Pay Back nos permite conocer el tiempo de recuperación de la inversión inicial que será en 3 años de operación, el VAN es positivo lo cual refiere a que el proyecto es viable y el TIR de 24% es una tasa muy aceptable para proyectos de inversión. El punto de equilibrio del proyecto es producir 222,348 filtros para no tener pérdidas ni ganancias.

3.3 Mejora continua

Los pasantes de ESPOL de la carrera de Ingeniería Industrial que operan en la línea, desarrollaron diferentes herramientas para la mejora continua de la línea de producción, las mismas que se presentan en **Apéndice C**.

- ✓ Estudio de tiempos.
- ✓ Control estadístico de la calidad.
- ✓ Identificación de problemas y propuesta de mejoras.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. En el proyecto se ha realizado un diseño de planta desde la recolección de datos necesarios como el análisis de demanda, producto y proceso, para desarrollar diferentes herramientas de diseño de layout. Posteriormente se han evaluado las mejores alternativas realizando métodos de eficiencia simulación y análisis financiero para comprobar la viabilidad del proyecto.
2. El análisis financiero muestra que el proyecto es rentable con un VAN positivo y la TIR del 24%. La línea de producción se recuperará la inversión dentro de los 3 años de operación.
3. Debido al diseño de layout la línea implementada tiene una eficiencia de 86 % con respecto al espacio utilizado y la distancia de las diferentes áreas en su ubicación actual.
4. El estudio de simulación nos permite saber que la línea implementado y balanceada puede alcanzar una eficiencia del 87% de su capacidad.
5. La línea de producción está instalada y en ejecución en EDCOM, con 11 operarios, 11 estaciones, un tiempo de ciclo de 20 min por filtro y recibiendo financiamiento por donaciones.
6. Los objetivos específicos han sido desarrollados paso a paso en la metodología del proyecto para lograr un diseño eficiente de la línea de producción.

Recomendaciones

1. Realizar un balance de línea para alcanzar la eficiencia del 87.5 % y reducir los costos de producción en un 29%.
2. Estandarizar las diferentes etapas del proceso para evitar retrabajo y el desperdicio de material.

3. Simular diferentes escenarios para evaluar la mejor opción con menos recursos posibles antes de la implementación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. T. S. d. G. d. Riesgos, «Informe de Situación No. 18,» 2016.
- [2] E. T. S. d. G. d. Riesgos, «Informe de situación No. 28,» 2016.
- [3] E. T. S. d. G. d. Riesgos, «Informe de situación No. 53,» 2016.
- [4] E. T. S. d. G. d. Riesgos, «Informe de situación No.63,» 2016.
- [5] E. T. S. d. G. d. Riesgos, «Informe de situación No. 65,» 2016.
- [6] J. C. S. Cougil, «CIBLOG,» 22 Enero 2012. [En línea]. Available: <http://ciclog.blogspot.com/2012/01/quieres-analizar-un-problema-aplica-el.html>. [Último acceso: 12 julio 2016].
- [7] C. CABRERA, «Liderazgo en 6sigma,» 26 febrero 2014. [En línea]. Available: <http://www.liderazgolean6sigma.com/2014/02/la-voz-del-cliente.html>. [Último acceso: 12 julio 2016].
- [8] OBS business School, «OBS business School,» 14 febrero 2014. [En línea]. Available: <http://www.obs-edu.com/blog-project-management/diagramas-de-gantt/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve/>. [Último acceso: 12 julio 2016].
- [9] «EL DERECHO.COM,» 01 mayo 2014. [En línea]. Available: http://www.elderecho.com/tribuna/contable/costes_directos-costes_indirectos_11_685180004.html. [Último acceso: 12 julio 2016].
- [10] R. Solorzano, «Monografias.com,» marzo 2011. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos88/costos-fijos-y-variables/costos-fijos-y-variables.shtml>. [Último acceso: 12 julio 2016].
- [11] J. A. W. Y. A. B. J. M. .. T. James A. Tompkins, Facilities Planning, John Wiley & Sons, 2010.
- [12] J. M. P. Álvarez, «PDCA Home,» 17 febrero 2014. [En línea]. Available: <http://www.pdcahome.com/6072/el-mapa-de-procesos-como-herramienta-de-gestion/>. [Último acceso: 12 julio 2016].

- [13] Editorial, «Tareas universitarias,» 25 junio 2013. [En línea]. Available: <http://tareasuniversitarias.com/otida.html>. [Último acceso: 12 julio 2016].
- [14] W. J. H. & M. L. Spearman, Factory Physics, Georgia: Irwin Mc Graw Hill, 2000.
- [15] J. Chinchilla, «Engindustrial,» agosto 2009. [En línea]. Available: <http://engindustrial.blogspot.com/2009/08/modelo-sipoc.html>. [Último acceso: 12 julio 2016].
- [16] A. I. Rivas, Introducción a la Distribución en Planta, Maracaibo, 2004.
- [17] M. B. R. Blanco, «Educommons,» 23 agosto 2013. [En línea]. Available: <http://educcommons.anahuac.mx:8080/eduCommons/ingenieria-de-procesos-de-fabricacion/ingenieria-de-metodos/unidad-2-ocw>. [Último acceso: 12 julio 2016].
- [18] C. López, «Gestiopolis,» 11 marzo 2001. [En línea]. Available: <http://www.gestiopolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos/>. [Último acceso: 12 julio 2016].
- [19] E. Ramos, «Blogspot,» 14 diciembre 2012. [En línea]. Available: http://www.academia.edu/9609135/BALANCEO_DE_L%C3%8DNEAS_O_BALANCE_DE_L%C3%8DNEAS. [Último acceso: 12 julio 2016].
- [20] S. I. Mirón, «Monografias,» 01 marzo 2005. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos20/control-produccion/control-produccion.shtml>. [Último acceso: 12 julio 2016].
- [21] V. H. MARTÍNEZ y ALONSO, Simulación de procesos en Ingeniería Química, México, 2000.
- [22] SPC consulting group, «SPCgroup,» [En línea]. Available: <http://spcgroup.com.mx/grafica-de-control/>. [Último acceso: 2 septiembre 2016].
- [23] Crecenegocios, «Crecenegocios,» 17 julio 2014. [En línea]. Available: <http://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>. [Último acceso: 2 septiembre 2016].
- [24] PYMES FUTURO, «PYMES FUTURO,» 05 enero 2012. [En línea]. Available: <http://www.pymesfuturo.com/tiretorno.htm>. [Último acceso: 2 septiembre 2016].

- [25] Economipedia, «Economipedia,» 2015. [En línea]. Available: <http://economipedia.com/definiciones/payback.html>. [Último acceso: 2 septiembre 2016].
- [26] A. Ramirez, «la contabilidad de costos en la virtualidad,» 13 octubre 2012. [En línea]. Available: <http://lacontabilidaddecostosenlavirtualidad.blogspot.com/2012/10/el-punto-de-equilibrio.html>. [Último acceso: 2 septiembre 2016].
- [27] nmk.
- [28] *La guía MetAs*, p. 6, 2010.
- [29] E. T. S. d. G. d. Riesgos, «Informe de situación No. 61,» 2016.

APÉNDICE B

ESTIMACIÓN DEL CAPITAL DE TRABAJO				
Detalle	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
Gastos Operativos				
Material Directo				
Malla	metro cúbico	191	\$ 2.00	\$ 382.50
tubos de PVC 50 cm alto y 8" diámetro	Unidad	1,530	\$ 7.15	\$ 10,939.50
tapas de PVC 4 cm alto y 8" diámetro	Unidad	1,530	\$ 1.00	\$ 1,530.00
Llaves de plástico	Unidad	1,530	\$ 1.29	\$ 1,974.43
Uniones de plástico	Unidad	1,530	\$ 0.52	\$ 790.12
Neplo de plástico	Unidad	1,530	\$ 0.24	\$ 373.26
Algodón de 70 gramos	Unidad	1,530	\$ 1.16	\$ 1,774.80
Sacos de zeolita de 25 kg	Unidad	306	\$ 2.60	\$ 795.60
Sacos de arena de 35 kg	Unidad	175	\$ 2.70	\$ 472.11
Media Nylon café	Unidad	1,530	\$ 0.43	\$ 657.90
Media Nylon negra	Unidad	1,530	\$ 0.43	\$ 657.90
Mangueras de suero	Unidad	255	\$ 0.50	\$ 127.50
inyecciones	Unidad	1,530	\$ 0.09	\$ 137.70
Atomizadores	Unidad	1,530	\$ 0.60	\$ 918.00
Etiquetas	Unidad	1,530	\$ 3.00	\$ 4,590.00
Material Indirecto				
cinta ducto	Unidad	15	\$ 3.03	\$ 46.36
Kalipega	litro	15	\$ 50.89	\$ 778.62
cinta adhevisa	Unidad	15	\$ 1.50	\$ 22.95
permatex	Unidad	31	\$ 11.00	\$ 336.60
teflon	Unidad	612	\$ 0.27	\$ 167.44
Mano de Obra				
Directa	operarios	12	\$ 400.00	\$ 4,800.00
Indirecta	administrativos	6	\$ 9,500.00	\$ 9,500.00
Gastos de Alquiler				
Local		1	\$ 400.00	\$ 400.00
Gastos de Carácter Legal				
Abogado	-	1	\$ 400.00	\$ 400.00
Registro (Tasa Según Empresa)	-	1	\$ 300.00	\$ 300.00
Gastos de Publicidad				
Prensa Escrita	-	1	\$ 550.00	\$ 550.00
Mención en Radio	-	1	\$ 250.00	\$ 250.00
Otros Gastos				
Agua	mes	1	\$ 30.00	\$ 30.00
Luz	mes	1	\$ 30.00	\$ 30.00
Telefono	mes	1	\$ 30.00	\$ 30.00
Internet	mes	1	\$ 58.00	\$ 58.00
Suministros de Oficina	mes	1	\$ 20.00	\$ 20.00
Capital de Trabajo				\$ 43,841.30

ESTIMACIÓN DE ACTIVOS FIJOS				
Detalle	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Total
Equipo de Cómputo				
Computadora	unid	6	\$ 1,000.00	\$ 6,000.00
Muebles y Enseres				
Escritorio	unid	5	\$ 150.00	\$ 750.00
mesas	unid	11	\$ 100.00	\$ 1,100.00
Sillas	unid	16	\$ 20.00	\$ 320.00
Vehículo				
Camioneta	unid	2	\$ 90,000.00	\$ 180,000.00
Equipos de Oficina				
Impresora / copiadora	unid	1	\$ 300.00	\$ 300.00
Herramientas				
Sierras	und	2	\$ 7.00	\$ 14.00
Tijeras	unid	3	\$ 5.00	\$ 15.00
mascarillas	unid	4	\$ 4.01	\$ 16.04
Guantes	unid	1	\$ 4.19	\$ 4.19
Activos Fijos				\$ 188,519.23

INFORMACIÓN BANCARIA						
BANCO	PICHINCHA	PACÍFICO	BOLIVARIANO	PRODUBANCO	GUAYAQUIL	BNF
TASA			11.18%	11.23%		10.00%
HASTA 3000	26.90%					
DE 4000 A 5000	24.50%					
DE 5001 A 10000	23.90%				10.60%	
DE 10001 A 20000	22.50%				10.41%	
PRODUCCIÓN AGRÍCOLA + CICLO CORTO						11.20%
PARA CAPITAL DE TRABAJO		9.76%				
PARA ACTIVO FIJO		11.83%				
PLAZO	20 AÑOS		5 AÑOS		5 AÑOS	15 AÑOS
PARA CAPITAL DE TRABAJO		2 AÑOS		1,5 AÑOS		
PARA ACTIVO FIJO		1 AÑO		2 AÑOS		
MENORES A 100000						
DE 100000 HASTA 200000						
MONTO	HASTA 22000	DE 3000 A 1000000	DE 3000 A 1000000	DE 1000 A 1000000	DE 1000 HASTA 200000	

INVERSIÓN INICIAL	\$ 232,360.53
APORTACIÓN DE LOS SOCIOS (15%)	\$ 34,854.08
PRÉSTAMO BANCARIO	\$ 197,506.45
CAPITAL DE TRABAJO	\$ 37,265.10
ACTIVOS FIJOS	\$ 160,241.35

CAPITAL DE TRABAJO				
MONTO	\$ 37,265.10			
TASA ANUAL	11.23%			
PLAZO	1,5 AÑOS			
FRECUENCIA	MENSUAL			
TASA EFECTIVA ANUAL	11.83%			
TASA EFECTIVA MENSUAL	0.99%			
Tabla de Amortización - Pagos Constantes				
PERÍODO	INTERES	ANUALIDAD	CAPITAL	DEUDA
0				\$ 37,265.10
1	\$ 367.26	\$ 2,269.50	\$ 1,902.24	\$ 35,362.87
2	\$ 348.51	\$ 2,269.50	\$ 1,920.99	\$ 33,441.88
3	\$ 329.58	\$ 2,269.50	\$ 1,939.92	\$ 31,501.96
4	\$ 310.46	\$ 2,269.50	\$ 1,959.04	\$ 29,542.93
5	\$ 291.16	\$ 2,269.50	\$ 1,978.34	\$ 27,564.59
6	\$ 271.66	\$ 2,269.50	\$ 1,997.84	\$ 25,566.75
7	\$ 251.97	\$ 2,269.50	\$ 2,017.53	\$ 23,549.22
8	\$ 232.09	\$ 2,269.50	\$ 2,037.41	\$ 21,511.80
9	\$ 212.01	\$ 2,269.50	\$ 2,057.49	\$ 19,454.31
10	\$ 191.73	\$ 2,269.50	\$ 2,077.77	\$ 17,376.54
11	\$ 171.25	\$ 2,269.50	\$ 2,098.25	\$ 15,278.29
12	\$ 150.57	\$ 2,269.50	\$ 2,118.93	\$ 13,159.37
13	\$ 129.69	\$ 2,269.50	\$ 2,139.81	\$ 11,019.56
14	\$ 108.60	\$ 2,269.50	\$ 2,160.90	\$ 8,858.66
15	\$ 87.31	\$ 2,269.50	\$ 2,182.19	\$ 6,676.47
16	\$ 65.80	\$ 2,269.50	\$ 2,203.70	\$ 4,472.77
17	\$ 44.08	\$ 2,269.50	\$ 2,225.42	\$ 2,247.35
18	\$ 22.15	\$ 2,269.50	\$ 2,247.35	\$ (0.00)

ACTIVOS FIJOS				
MONTO	\$ 160,241.35			
TASA ANUAL	11.23%			
PLAZO	2 AÑOS			
FRECUENCIA	MENSUAL			
TASA EFECTIVA ANUAL	11.83%			
TASA EFECTIVA MENSUAL	0.99%			
Tabla de Amortización - Pagos decrecientes				
PERÍODO	INTERES	ANUALIDAD	CAPITAL	DEUDA
0.00				\$160,241.35
1.00	\$1,579.24	\$8,255.96	\$6,676.72	\$153,564.62
2.00	\$1,513.43	\$8,190.16	\$6,676.72	\$146,887.90
3.00	\$1,447.63	\$8,124.36	\$6,676.72	\$140,211.18
4.00	\$1,381.83	\$8,058.55	\$6,676.72	\$133,534.45
5.00	\$1,316.03	\$7,992.75	\$6,676.72	\$126,857.73
6.00	\$1,250.23	\$7,926.95	\$6,676.72	\$120,181.01
7.00	\$1,184.43	\$7,861.15	\$6,676.72	\$113,504.29
8.00	\$1,118.63	\$7,795.35	\$6,676.72	\$106,827.56
9.00	\$1,052.82	\$7,729.55	\$6,676.72	\$100,150.84
10.00	\$987.02	\$7,663.75	\$6,676.72	\$93,474.12
11.00	\$921.22	\$7,597.94	\$6,676.72	\$86,797.40
12.00	\$855.42	\$7,532.14	\$6,676.72	\$80,120.67
13.00	\$789.62	\$7,466.34	\$6,676.72	\$73,443.95
14.00	\$723.82	\$7,400.54	\$6,676.72	\$66,767.23
15.00	\$658.02	\$7,334.74	\$6,676.72	\$60,090.50
16.00	\$592.21	\$7,268.94	\$6,676.72	\$53,413.78
17.00	\$526.41	\$7,203.13	\$6,676.72	\$46,737.06
18.00	\$460.61	\$7,137.33	\$6,676.72	\$40,060.34
19.00	\$394.81	\$7,071.53	\$6,676.72	\$33,383.61
20.00	\$329.01	\$7,005.73	\$6,676.72	\$26,706.89
21.00	\$263.21	\$6,939.93	\$6,676.72	\$20,030.17
22.00	\$197.40	\$6,874.13	\$6,676.72	\$13,353.45
23.00	\$131.60	\$6,808.33	\$6,676.72	\$6,676.72
24.00	\$65.80	\$6,742.52	\$6,676.72	\$0.00

TABLA CONSOLIDADA				
PERÍODO	INTERES	ANUALIDAD	CAPITAL	DEUDA
0				\$ 197,506.45
1	\$ 17,736.19	\$ 121,962.60	\$ 104,226.41	\$ 93,280.04
2	\$ 5,590.14	\$ 98,870.18	\$ 93,280.04	\$ -

PRESUPUESTO DE SUELDOS Y BENEFICIOS SOCIALES					
Detalle	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Gerente General	\$ 18,000.00	\$ 18,741.60	\$ 19,513.75	\$ 20,317.72	\$ 21,154.81
Gerente de Producción	\$ 12,000.00	\$ 12,494.40	\$ 13,009.17	\$ 13,545.15	\$ 14,103.21
Gerente Financiero	\$ 12,000.00	\$ 12,494.40	\$ 13,009.17	\$ 13,545.15	\$ 14,103.21
Jefe de compra y venta	\$ 7,200.00	\$ 7,496.64	\$ 7,805.50	\$ 8,127.09	\$ 8,461.92
jefe de RRHH	\$ 7,200.00	\$ 7,496.64	\$ 7,805.50	\$ 8,127.09	\$ 8,461.92
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
operador	\$ 4,800.00	\$ 4,997.76	\$ 5,203.67	\$ 5,418.06	\$ 5,641.28
Aportación patronal (12,5%)	\$ 10,935.00	\$ 11,385.52	\$ 11,854.61	\$ 12,343.02	\$ 12,851.55
Décimo tercero	\$ 7,500.00	\$ 7,809.00	\$ 8,130.73	\$ 8,465.72	\$ 8,814.50
Décimo cuarto * 17 empleados	\$ 6,018.00	\$ 6,265.94	\$ 6,524.10	\$ 6,792.89	\$ 7,072.76
Vacaciones	\$ 3,750.00	\$ 3,904.50	\$ 4,065.37	\$ 4,232.86	\$ 4,407.25
Fondos de reservas	0	\$ 7,809.00	\$ 8,130.73	\$ 8,465.72	\$ 8,814.50
Total de sueldos y beneficios	\$ 142,203	\$ 155,871	\$ 162,293	\$ 168,979	\$ 170,300

PRESUPUESTO DE GASTOS OPERATIVOS					
Costos Fijos					
DETALLE	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Sueldos y beneficios	\$ 142,203.00	\$ 155,870.76	\$ 162,292.64	\$ 168,979.10	\$ 170,299.75
Servicios básicos	\$ 1,776.00	\$ 1,830.70	\$ 1,887.09	\$ 1,945.21	\$ 2,005.12
Alquiler	\$ 4,800.00	\$ 4,947.84	\$ 5,100.23	\$ 5,257.32	\$ 5,419.25
Publicidad	\$ 6,600.00	\$ 6,803.28	\$ 7,012.82	\$ 7,228.82	\$ 7,451.46
Combustibles, lubricantes	\$ 360.00	\$ 371.09	\$ 382.52	\$ 394.30	\$ 406.44
depreciación	\$ 38,247.00	\$ 38,247.00	\$ 38,247.00	\$ 36,247.00	\$ 36,247.00
TOTAL DE GATOS OPERATIVOS	\$ 193,986.00	\$ 208,070.67	\$ 214,922.30	\$ 220,051.74	\$ 221,829.03
(+) GASTOS FINANCIEROS	\$ 17,736.19	\$ 5,590.14			
(=) GASTOS FIJOS	\$ 211,722.19	\$ 213,660.82	\$ 214,922.30	\$ 220,051.74	\$ 221,829.03
Costos Variables					
DETALLE	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
MATERIALES DIRECTOS	\$ 18.06	\$ 18.62	\$ 19.19	\$ 19.79	\$ 20.39
MANO DE OBRA DIRECTA	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	\$ 0.88	\$ 0.91	\$ 0.94	\$ 0.97	\$ 1.00
(=) COSTO DE FABRICACIÓN UNITARIA	\$ 18.95	\$ 19.53	\$ 20.13	\$ 20.75	\$ 21.39
PRECIO (MARGEN 50%)	\$ 28.42	\$ 29.30	\$ 30.20	\$ 31.13	\$ 32.09
CANTIDAD DE EQUILIBRIO	22,348	21,879	21,350	21,207	20,739
CANTIDAD A VENDER	25,731	25,161	24,534	24,295	23,736

ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADOS					
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VENTAS	\$ 731,320.41	\$ 737,136.29	\$ 740,920.74	\$ 756,309.07	\$ 761,640.92
COSTO DE VENTA	\$ 487,546.94	\$ 491,424.20	\$ 493,947.16	\$ 504,206.04	\$ 507,760.62
UTILIDAD BRUTA	\$ 243,773.47	\$ 245,712.10	\$ 246,973.58	\$ 252,103.02	\$ 253,880.31
GASTOS OPERATIVOS	\$ 193,986.00	\$ 208,070.67	\$ 214,922.30	\$ 220,051.74	\$ 221,829.03
UTILIDAD OPERATIVA	\$ 49,787.47	\$ 37,641.43	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28
OTROS GASTOS: GASTOS FINANCIEROS	\$ 17,736.19	\$ 5,590.14			
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28
PARTICIPACION EMPLEADOS	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69
IMPUESTO A LA RENTA	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59
RESERVAS	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00
UTILIDAD NETA	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00

ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADOS

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
VENTAS	\$ 731,320.41	\$ 737,136.29	\$ 740,920.74	\$ 756,309.07	\$ 761,640.92
COSTO DE VENTA	\$ 487,546.94	\$ 491,424.20	\$ 493,947.16	\$ 504,206.04	\$ 507,760.62
UTILIDAD BRUTA	\$ 243,773.47	\$ 245,712.10	\$ 246,973.58	\$ 252,103.02	\$ 253,880.31
GASTOS OPERATIVOS	\$ 193,986.00	\$ 208,070.67	\$ 214,922.30	\$ 220,051.74	\$ 221,829.03
UTILIDAD OPERATIVA	\$ 49,787.47	\$ 37,641.43	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28
OTROS GASTOS: GASTOS FINANCIEROS	\$ 17,736.19	\$ 5,590.14			
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28	\$ 32,051.28
PARTICIPACION EMPLEADOS	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69
IMPUESTO A LA RENTA	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59
RESERVAS	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00
UTILIDAD NETA	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00

ESTADO DE CAMBIO EN EL PATRIMONIO PROYECTADOS

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
CAPITAL CONTABLE					
CAPITAL SOCIAL (APORTACIÓN)	\$ 34,854.08	\$ 34,854.08	\$ 34,854.08	\$ 34,854.08	\$ 34,854.08
RESERVAS	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00	\$ 2,125.00
UTILIDAD ACUMULADA					
U. ANTERIOR		\$ 17,212.50	\$ 32,703.75	\$ 46,645.88	\$ 59,193.79
UTILIDAD DEL EJERCICIO	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00	\$ 19,125.00
DIVIDENDOS	\$ 1,912.50	\$ 3,633.75	\$ 5,182.88	\$ 6,577.09	\$ 7,831.88
TOTAL DE PATRIMONIO	\$ 54,191.58	\$ 69,682.83	\$ 83,624.95	\$ 96,172.87	\$ 107,465.99

FLUJO DE CAJA PROYECTADOS						
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos Operacionales						
Cobros		\$ 731,320.41	\$ 737,136.29	\$ 740,920.74	\$ 756,309.07	\$ 761,640.92
Egresos Operacionales						
Pagos a proveedores por fabricación		\$ 487,546.94	\$ 491,424.20	\$ 493,947.16	\$ 504,206.04	\$ 507,760.62
Pago de sueldos y beneficios		\$ 142,203.00	\$ 155,870.76	\$ 162,292.64	\$ 168,979.10	\$ 170,299.75
Pago de servicios básicos		\$ 1,776.00	\$ 1,830.70	\$ 1,887.09	\$ 1,945.21	\$ 2,005.12
Pago de alquiler		\$ 4,800.00	\$ 4,947.84	\$ 5,100.23	\$ 5,257.32	\$ 5,419.25
Combustibles, lubricantes		\$ 360.00	\$ 371.09	\$ 382.52	\$ 394.30	\$ 406.44
Pago de publicidad		\$ 6,600.00	\$ 6,803.28	\$ 7,012.82	\$ 7,228.82	\$ 7,451.46
Subtotal		\$ 643,285.94	\$ 661,247.87	\$ 670,622.46	\$ 688,010.78	\$ 693,342.64
Flujo Caja Operacional		\$ 88,034.47	\$ 75,888.43	\$ 70,298.28	\$ 68,298.28	\$ 68,298.28
Ingresos no Operacional						
Aporte Accionistas	\$ 34,854.08					
Bancos	\$ 197,506.45					
Subtotal	\$ 232,360.53					
Egresos no Operacional						
Amortizaciones Capital		\$ 104,226.41	\$ 93,280.04			
Gtos. Financieros		\$ 17,736.19	\$ 5,590.14			
Participac. Trabajadores			\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69
Impuesto Renta			\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59
Dividendos		\$ 1,912.50	\$ 3,633.75	\$ 5,182.88	\$ 6,577.09	\$ 7,831.88
Plan Inversion						
Activo Fijo	\$ 188,519.23					
Capital Trabajo	\$ 43,841.30					
Subtotal	\$ 232,360.53	\$ 123,875.10	\$ 113,305.22	\$ 15,984.16	\$ 17,378.37	\$ 18,633.16
Flujo Caja No Operacional	\$ -	\$ (123,875.10)	\$ (113,305.22)	\$ (15,984.16)	\$ (17,378.37)	\$ (18,633.16)
Flujo Caja Neto	\$ -	\$ (35,840.63)	\$ (37,416.79)	\$ 54,314.13	\$ 50,919.91	\$ 49,665.12

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD DEL PROYECTO						
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Activos Fijos	\$ (188,519.23)					
Capital de Trabajo	\$ (43,841.30)					
Flujo Operacional	\$ -	\$ 88,034.47	\$ 75,888.43	\$ 70,298.28	\$ 68,298.28	\$ 68,298.28
Participación de empleados		\$ -	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69
Impuesto a la renta		\$ -	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59
Flujo de Caja Neto	\$ (232,360.53)	\$ 88,034.47	\$ 86,689.71	\$ 81,099.56	\$ 79,099.56	\$ 79,099.56
Flujo de caja acumulado		\$ (144,326.06)	\$ (57,636.35)	\$ 167,789.27	\$ 246,888.84	\$ 158,199.13
Pay back	2.81					
años	2					
meses	10					
Tiempo de recuperación	2 años y 8 meses					

ESTADO DE SITUACIÓN FINANCIERA PROYECTADO						
	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
ACTIVOS						
Efectivo y equivalente		\$ 8,049.90	\$ (31,491.89)	\$ 20,697.24	\$ 69,492.15	\$ 117,032.27
Equipo de Cómputo		\$ 4,000.00	\$ 2,000.00	\$ -		
Muebles y Enseres		\$ 1,953.00	\$ 1,736.00	\$ 1,519.00	\$ 1,302.00	\$ 1,085.00
Vehículo		\$ 144,000.00	\$ 108,000.00	\$ 72,000.00	\$ 36,000.00	\$ -
Equipos de Oficina		\$ 270.00	\$ 240.00	\$ 210.00	\$ 180.00	\$ 150.00
TOTAL DE ACTIVOS		\$ 158,272.90	\$ 80,484.11	\$ 94,426.24	\$ 106,974.15	\$ 118,267.27
PASIVOS						
Préstamo bancario		\$ 93,280.04	\$ -			
Participación a empleados por pagar		\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69	\$ 4,807.69
Impuesto a la renta por pagar		\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59	\$ 5,993.59
PATRIMONIO		\$ 54,191.58	\$ 69,682.83	\$ 83,624.95	\$ 96,172.87	\$ 107,465.99
TOTAL DE PASIVOS Y PATRIMONIO		\$ 158,272.90	\$ 80,484.11	\$ 94,426.24	\$ 106,974.15	\$ 118,267.27

APÉNDICE C

Identificación de problemas y propuesta de mejoras

Objetivo

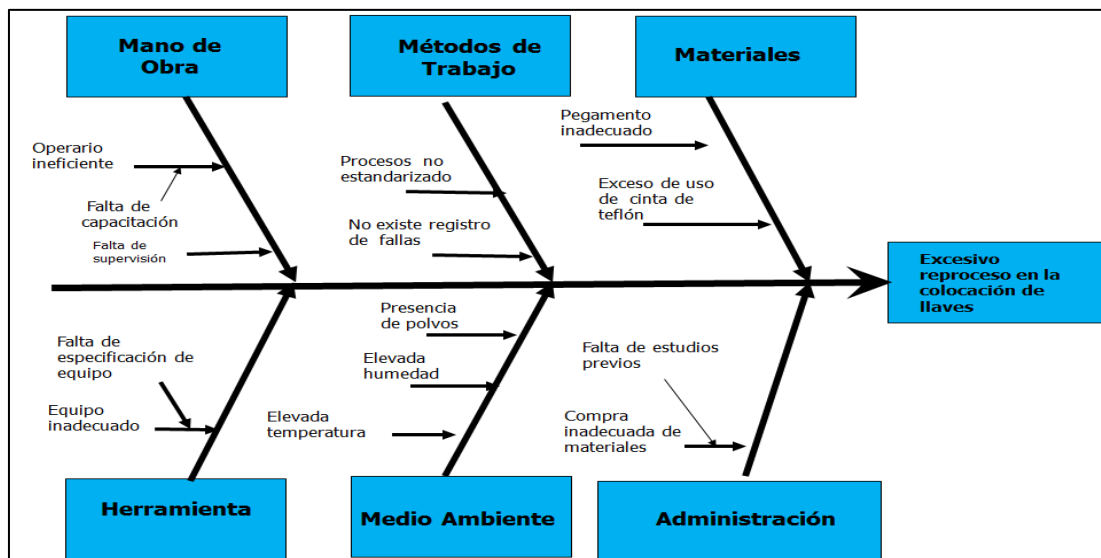
Identificar un problema crítico en la línea y presentar una solución de mejora.

Definición del problema

Según el levantamiento de información y observación directa in-situ de la línea de producción, se evidenció que existe una excesiva cantidad de unidades en reproceso en la estación de trabajo donde se lleva a cabo el ensamble de llaves al tubo de PVC, lo que a su vez genera pérdidas de materia prima, insumos y materiales, horas-hombre, provocando gran retraso en el cronograma de actividades establecidas.

Por este motivo nuestro análisis para la mejora continua se basó en la búsqueda de la raíz o las causas raíces que pueden ocasionar dichos reprocesos.

Ishikawa



Análisis de soluciones

CRITERIOS				
	Tiempo	Dificultad de aplicación	Costo	TOTAL
SOLUCIONES				
Compra de otro pegamento	5	3	1	9
Hacer orificios con rosca	2	1	1	4
Mejorar método existente	5	4	2	11

Por lo tanto, la solución a elegir es mejorar el método existente.

Propuesta

Para mejorar el método existente en la colocación de las llaves se debe:

1. Hacer la medición de la llave con respecto al orificio del filtro y anotar la diferencia en los diámetros.
2. Basados en la diferencia de diámetros envolver con teflón la parte posterior de la llave, de tal manera que esta se ajuste a la medida del orificio del filtro.
3. Una vez envuelto en teflón, colocar una capa de sellador (se debe tomar en cuenta que en ciertos orificios será necesario colocar más aislante sellador dependiendo del tamaño e irregularidad de estos).
4. Empujar con gran presión la llave para colocarla dentro del orificio, de tal manera que no quede flotando, sino muy ajustada y pegada a la pared del filtro.
5. Retirar el exceso de sellador.
6. Esperar un minuto hasta que se seque un poco el sellador y dejar reposar por 24 horas el área trabajada.

Control Estadístico de Calidad

Objetivos

Aplicar cartas de control en búsqueda de causas potenciales.

Proponer mejoras para disminuir desviaciones en el proceso de corte.

Definición del Proceso en Línea de Ensamble

El proceso de corte, específicamente el corte de los anillos PVC es considerado una actividad que agrega valor dentro de la línea de ensamble.

El procedimiento del corte era el siguiente:

1. Se tomaba un anillo referencial PVC (cortado).
2. Se procedía a marcar con lápiz 2B zona a cortarse.
3. Se procedía a realizar el corte con la sierra.
4. Se obtenía el anillo PVC.

Consideraciones para Aplicación de Cartas Control

Se realizaron cartas de control para analizar las medidas de anillos de PVC debido que si hay desviaciones considerables generarán reproceso y pérdida de tiempo que afecta a la siguiente etapa de la línea de ensamble.

Determinar Característica Crítica de Calidad de Analizar

La característica crítica será el perímetro externo de los anillos cortados de PVC. Estos deben de tener un perímetro externo determinado para que entren de forma ligeramente ajustada dentro del filtro.

Desarrollo de toma de datos (Determinación de Prueba piloto y Tamaño de muestra)

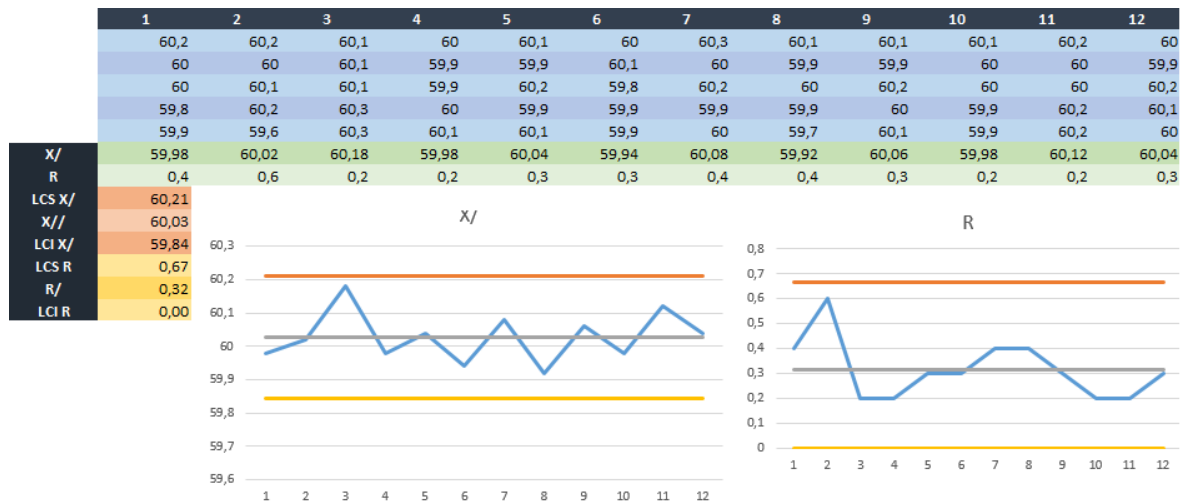
Se realizará una prueba piloto con 10 mediciones, con un nivel de confianza del 5% y un margen de error del 5%.

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 S^2}{\epsilon^2}$$

Dando como resultado una muestra de 58.05 el tamaño de muestra, redondeando sería de recolectar 50 datos más.

Identificación y desarrollo de carta de control.

Se realizó un análisis de las gráficas de control de media (\bar{X})



En base a los gráficos obtenidos podemos concluir que los cortes realizados están bajo control.

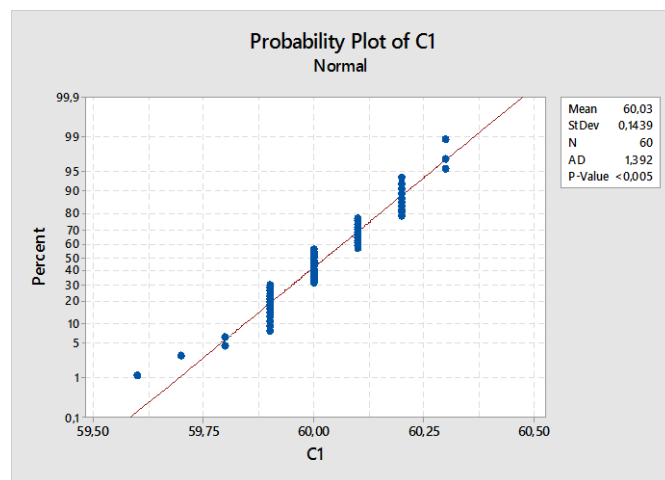
La comprobación de normalidad se la muestra a continuación:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	60.2	60.0	60.0	59.8	59.9	60.2	60.0	60.1	60.2	59.6

Los datos indican que son normales usando el test de normalidad.

Resultado

En base a lo expuesto anteriormente, podemos observar que las muestras obtenidas para el análisis de cartas de control, nos indican que el proceso de corte de los anillos e PVC está bajo control.



Estudios de tiempos

Para conocer el tiempo que se toma elaborar un filtro de agua se realizó un estudio de tiempos para las actividades que se encontraban puesta en marcha en la línea y para las que aún no se desarrollan se planteó la metodología MTM y así poder contar con un tiempo estimado.

Estudio de tiempos cronométrico

Para llevar a cabo el estudio de tiempo necesitaremos un cronómetro y un tablero o cuaderno para anotar los respectivos tiempos.

Descripción de la metodología utilizada

Selección del operario:

Para realizar el estudio de tiempos y considerando que las personas que se encontraban en las diferentes estaciones de trabajo eran estudiantes cuyo horario no era fijo, se tomaron los tiempos de las personas presentes en el momento de la toma de los tiempos.

Explicación al personal

Como parte del diseño del puesto, los estudiantes conocían del estudio de tiempos a desarrollar en la línea, de igual manera se comunicó acerca de la actividad que se iba a realizar para así evitamos alterar ni estresar a las personas al momento en que se tomen los datos.

Registro de información significativa

Al ser un proceso completamente manual, no fue necesario utilizar alguna herramienta especial, además el lugar está en buenas condiciones, buena iluminación, ventilación y mesas para la actividad de ensamble.

División de las actividades en elementos

De acuerdo al tipo de actividad se realizaron divisiones en elementos para la toma de los tiempos respectivos en cada elemento.

La recolección de los tiempos se realizó para cada una de las estaciones que se encontraban puestas en marcha, para luego poder obtener el tamaño de la muestra con la que se va a trabajar.

Para encontrar el tamaño de la muestra se establece un valor de $k = 0.08$ y un nivel de significancia de 5%, por lo tanto el valor estadístico de la distribución T-Student con nueve grados de libertad fue de 2.685.

La expresión que determina el tamaño de muestra es:

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2$$

Toma de tiempos – Prueba Piloto

ESTACIÓN CORTE I			
	Marcar corte [min]	Cortar con sierra [min]	Tiempo Total [min]
T1	5.0	1.150	1.23
T2	9.0	1.000	1.15
T3	9.0	1.320	1.47
T4	7.0	1.020	1.14
T5	7.0	1.120	1.24
T6	8.0	1.300	1.43
T7	7.0	1.000	1.12
T8	6.0	1.100	1.20
T9	7.0	1.150	1.27
T10	7.0	1.320	1.44

Fracción error	5%
T(0,025)	2.69
Error	0.36
K	0.08

Marcar corte	n= 33
Cortar con sierra	n= 14

Promedio	7.20	1.15	1.27 min
Desviación	1.23	0.13	0.13 min

ESTACIÓN CORTE II			
	Corte horizontal [s]	Corte Vertical [s]	Tiempo Total [s]
T1	8	15	23
T2	8	15	23
T3	7	17	24
T4	7	14	21
T5	7	17	24
T6	6	15	21
T7	7	17	24
T8	6	15	21
T9	5	16	21
T10	7	15	22

Fracción error	5%
T(0,025)	2.69
Error	1.12
K	0.08

Corte horizontal	n= 21
Corte vertical	n= 5

Promedio	6.80	15.60	22.40 s
Desviación	0.92	1.07	1.41 s

ESTACIÓN ENSAMBLE 1			
	Pegar cinta 4 lados [s]	Pegar con kalipega [min]	Tiempo Total [min]
T1	33.00	1.19	1.74
T2	30.00	1.25	1.75
T3	34.00	1.19	1.76
T4	27.00	1.19	1.64
T5	33.00	1.23	1.78
T6	33.00	1.20	1.75
T7	38.00	1.19	1.82
T8	35.00	1.23	1.81
T9	33.00	1.20	1.75
T10	30.00	1.24	1.74

Promedio	32.60	1.21	1.75 min
Desviación	3.03	0.02	0.06 min

Fracción error	5%
T(0,025)	2.69
Error	0.0875
K	0.08

Pegar cinta 4 lados	n= 10
Pegar con kalipega	n= 1

ESTACIÓN ENSAMBLE 2	
	Pegar anillo y malla al tubo [min]
T1	2.95
T2	2.2
T3	1.45
T4	1.42
T5	1.88
T6	2.12
T7	1.46
T8	1.38
T9	1.5
T10	1.43

Promedio	1.58
Desviación	0.27

Fracción error	5%
T(0,025)	2.69
Error	0.079
K	0.08

n= 6

ESTACIÓN ENSAMBLE 3			
	Colocar pegamento en contorno de tapa [s]	Pegar la tapa en el tubo [s]	Tiempo Total [s]
T1	14.19	8.1	22.29
T2	16.5	8.83	25.33
T3	14.64	8.94	23.58
T4	11.68	10.68	22.36
T5	17.95	10.87	28.82
T6	11.9	11.33	23.23
T7	10.07	14.6	24.67
T8	17.4	10.05	27.45
T9	12.54	8.16	20.7
T10	15.28	10.24	25.52

Fracción error	5%
T(0,025)	2.69
Error	1.22
K	0.08

Colocar pegamento en contorno	n= 39
Colocar la tapa en el tubo	n= 40

Promedio	14.22	10.18	24.40 s
Desviación	2.63	1.93	3.26 s

ESTACIÓN ENSAMBLE 4				
	Ensamblar	Poner teflón	Pegar	Total [min]
T1	0.43	0.57	0.78	1.35
T2	0.42	1.45	0.45	1.90
T3	0.4	0.87	0.48	1.35
T4	0.35	2.33	0.57	2.90
T5	0.4	2.63	0.90	3.53
T6	0.4	2.48	0.82	3.30
T7	0.38	2.65	0.87	3.52
T8	0.37	2.07	0.63	2.70
T9	0.5	2.12	1.02	3.14
T10	0.35	1.28	0.50	1.78

Fracción error	5%	5%	5%
T(0,025)	2.69	2.69	2.69
Error	0.02	0.092	0.035
K	0.08	0.08	0.08
n	0.77	6.82	2.17

Promedio	0.40	1.85	0.70	2.95 min
Desviación	0.04	0.75	0.20	0.78 min

ESTACIÓN ENSAMBLE 5			
	Corte de manguera y puesta de jeringa [s]	Pegado de ensamble de dosificación [s]	Total [s]
T1	43.00	28	71
T2	40.00	26	66
T3	54.00	24	78
T4	60.01	32	92.01
T5	51.00	24	75
T6	52.00	27	79
T7	58.00	23	81
T8	59.00	25	84
T9	59.00	24	83
T10	60.03	24	84.03

Fracción error	5%
T(0,025)	2.69
Error	3.97
K	0.08

Corte y puesta de jeringa	n= 20
Pegado de ensamble dosificación	n= 13

Promedio	53.60	25.70	79.30 s
Desviación	7.20	2.71	7.70 s

ESTACIÓN ENSAMBLE 6	
	Colocar capas de algodón, zeolita y arena [s]
T1	51.00
T2	58.00
T3	58.00
T4	52.00
T5	56.00
T6	57.00
T7	59.00
T8	60.00
T9	58.00
T10	51.00

Fracción error	5%
T(0,025)	2.685
Error	2.8
K	0.08

Colocar capas	n= 4
---------------	------

Promedio	56 s
Desviación	3.4 s

Toma de tiempos de la muestra

Una vez que se encontró el tamaño de la muestra para cada actividad se realizó la toma de tiempos final para encontrar el tiempo promedio que se invierte por cada actividad. Cabe recalcar que para aquellos valores cuya n fue menor a 30, se tomaron treinta datos como muestra.

ESTACIÓN CORTE 1			
	Marcar corte [min]	Cortar con sierra [min]	Tiempo Total [min]
T1	5	1.01	1.09
T2	8	1.15	1.28
T3	7	1.19	1.31
T4	7	1.7	1.82
T5	7	1.31	1.43
T6	7	1.06	1.18
T7	6	1.2	1.30
T8	8	1.23	1.36
T9	7	1.3	1.42
T10	9	1.1	1.25
T11	8	1.32	1.45
T12	7	1.31	1.43
T13	8	1.46	1.59
T14	5	1.29	1.37
T15	8	1.22	1.35
T16	5	1.29	1.37
T17	7	1.31	1.43
T18	8	1.39	1.52
T19	7	1.41	1.53
T20	7	1.39	1.51
T21	8	1.18	1.31
T22	8	1.44	1.57
T23	7	1.29	1.41
T24	6	1.41	1.51
T25	8	1.39	1.52
T26	7	1.44	1.56
T27	6	1.36	1.46
T28	7	1.38	1.50
T29	7	1.4	1.52
T30	6	1.35	1.45
T31	7	1.42	1.54
T32	6	1.39	1.49
T33	8	1.41	1.54
T34	6	1.19	1.29
T35	7	1.17	1.29
Promedio	7.00	1.31	1.43 min
Desviación	0.97	0.13	0.13 min

ESTACIÓN CORTE 2			
	Corte horizontal [s]	Corte Vertical [s]	Tiempo Total [s]
T1	8	18	26
T2	8	13	21
T3	7	17	24
T4	5	18	23
T5	6	15	21
T6	9	18	27
T7	10	19	29
T8	9	21	30
T9	7	15	22
T10	7	15	22
T11	6	16	22
T12	6	16	22
T13	5	16	21
T14	9	13	22
T15	6	13	19
T16	6	13	19
T17	7	15	22
T18	6	14	20
T19	7	14	21
T20	7	13	20
T21	6	15	21
T22	6	17	23
T23	6	15	21
T24	6	17	23
T25	7	17	24
T26	6	19	25
T27	6	14	20
T28	7	14	21
T29	7	15	22
T30	8	15	23
Promedio	6.87	15.67	22.53 s
Desviación	1.22	2.07	2.41 s

ESTACIÓN ENSAMBLE 1			
	Pegar cinta 4 lados [s]	Pegar con kalipega [min]	Tiempo Total [min]
T1	25	1.13	1.55
T2	37	1.28	1.90
T3	43	1.06	1.78
T4	29	1.1	1.58
T5	43	1.2	1.92
T6	29	1.25	1.73
T7	45	1.22	1.97
T8	34	1.11	1.68
T9	40	1.1	1.77
T10	42	1.21	1.91
T11	31	1.25	1.77
T12	34	1.28	1.85
T13	33	1.32	1.87
T14	33	1.29	1.84
T15	28	1.16	1.63
T16	32	1.25	1.78
T17	34	1.24	1.81
T18	32	1.1	1.63
T19	27	1.23	1.68
T20	31	1.24	1.76
T21	32	1.09	1.62
T22	26	1.19	1.62
T23	45	1.19	1.94
T24	33	1.2	1.75
T25	32	1.2	1.73
T26	33	1.23	1.78
T27	34	1.19	1.76
T28	40	1.15	1.82
T29	32	1.1	1.63
T30	34	1.19	1.76
Promedio	34.10	1.19	1.76 min
Desviación	5.48	0.07	0.11 min

	ESTACIÓN ENSAMBLE 2
	Pegar anillo y malla al tubo [min]
T1	1.54
T2	2.04
T3	1.72
T4	2.02
T5	2.40
T6	2.31
T7	1.62
T8	2.31
T9	2.59
T10	2.00
T11	1.43
T12	1.45
T13	1.28
T14	1.82
T15	1.53
T16	1.84
T17	2.19
T18	2.12
T19	1.93
T20	1.73
T21	2.39
T22	1.66
T23	1.07
T24	1.99
T25	1.33
T26	2.01
T27	1.09
T28	2.59
T29	1.37
T30	1.77
Promedio	1.83 min
Desviación	0.42 min

	ESTACIÓN ENSAMBLE 3		
	Colocar pegamento en contorno de tapa [s]	Pegar la tapa en el tubo [s]	Tiempo Total [s]
T1	12	12	24
T2	21	10	31
T3	15	9	24
T4	23	9	32
T5	14	7	21
T6	13	10	23
T7	13	7	20
T8	18	12	30
T9	12	11	23
T10	12	12	24
T11	15	8	23
T12	10	10	20
T13	11	9	20
T14	19	7	26
T15	10	7	17
T16	12	10	22
T17	15	11	26
T18	14	8	22
T19	12	12	24
T20	11	9	20
T21	11	10	21
T22	10	9	19
T23	12	10	22
T24	10	9	19
T25	10	7	17
T26	14	10	24
T27	11	9	20
T28	12	10	22
T29	13	11	24
T30	12	12	24
T31	11	12	23
T32	10	10	20
T33	11	11	22
T34	12	11	23
T35	10	9	19
T36	11	10	21
T37	13	12	25
T38	11	9	20
T39	14	10	24
T40	12	9	21
Promedio	12.80	9.75	22.55 s
Desviación	2.97	1.55	3.64 s

ESTACIÓN ENSAMBLE 4	
	Ensamblar, poner teflón y pegar [min]
T1	1.87
T2	4.30
T3	3.48
T4	3.21
T5	2.92
T6	2.31
T7	3.19
T8	2.24
T9	2.37
T10	3.07
T11	3.62
T12	3.27
T13	2.26
T14	4.02
T15	2.98
T16	3.01
T17	3.22
T18	2.44
T19	2.72
T20	3.30
T21	2.79
T22	3.72
T23	3.09
T24	2.39
T25	2.05
T26	2.07
T27	4.12
T28	3.54
T29	1.38
T30	3.78
Promedio	2.96 min
Desviación	0.71 min

ESTACIÓN ENSAMBLE 5			
	Corte de manguera y puesta de jeringa [s]	Pegado de ensamble de dosificación [s]	Tiempo Total
T1	44.00	23	67
T2	59.00	21	80
T3	53.00	22	75
T4	50.00	23	73
T5	43.00	26	69
T6	45.00	23	68
T7	55.00	24	79
T8	39.00	26	65
T9	30.00	21	51
T10	60.05	24	84.05
T11	42.00	22	64
T12	50.00	24	74
T13	58.00	25	83
T14	47.00	24	71
T15	39.00	27	66
T16	41.00	25	66
T17	53.00	28	81
T18	47.00	27	74
T19	51.00	23	74
T20	49.00	28	77
T21	48.00	26	74
T22	46.00	24	70
T23	52.50	23	75.5
T24	38.00	26	64
T25	42.00	25	67
T26	45.00	26	71
T27	50.00	24	74
T28	44.00	23	67
T29	48.00	21	69
T30	51.00	20	71
Promedio	47.32	21.49	68.81 s
Desviación	6.67	7.62	10.13 s

ESTACIÓN ENSAMBLE 6	
Colocar capas de algodón, zeolita y arena [s]	
T1	56.00
T2	54.00
T3	51.00
T4	57.00
T5	56.00
T6	71.00
T7	56.00
T8	64.00
T9	43.00
T10	69.00
T11	62.00
T12	55.00
T13	49.00
T14	59.00
T15	39.00
T16	43.00
T17	51.00
T18	51.00
T19	60.00
T20	55.00
T21	43.00
T22	52.00
T23	43.00
T24	44.00
T25	47.00
T26	45.00
T27	47.00
T28	50.00
T29	57.00
T30	44.00
Promedio	52.43 s
Desviación	8.00 s

Aplicación de herramienta MTM para estimación de tiempos estándares

Para las estaciones de Etiquetado y colocación de minerales se procedió a utilizar el método MTM para la estimación del tiempo puesto que aún no se tiene la materia prima para la toma de tiempos reales.

Proceso: Etiquetado del tubo del filtro

Para la realización de este estudio de tiempo se utilizó el método MTM II, este método traduce la operación manual en movimientos básicos necesarios para ejecutarlos, cada movimiento tiene un tiempo predeterminado.

Se identificaron las siguientes acciones:

Acción	Símbolo	TMU's
Tomar rollo de etiqueta	GB	23
Poner rollo de etiqueta sobre la mesa	PA	20
Tomar parte del rollo	GB	23
Poner parte del rollo extendido con más de una corrección	PC	41
Tomar tijera con dedos cerrados	GB	23
Aplicar presión (x70cm)	A	980
Tomar el rollo de etiquetas	GB	23
Poner el rollo de etiquetas sobre la mesa	PA	20
Tomar el filtro de agua	GA	17
Tomar la etiqueta cerrando los dedos	GB	23
Aplicar presión	A	14
Agarrar de nuevo	R	6
Poner la etiqueta con más de una corrección	PC	41
Aplicar presión (30cm)	A	980
Aplicar presión (30cm)	A	980
Girar tubo	C	15
Aplicar presión (30cm)	A	980
Aplicar presión (30cm)	A	980
Girar tubo	C	15
Aplicar presión (30cm)	A	980
Aplicar presión (30cm)	A	980
TOTAL TMU'S		7,164
TOTAL min		4.2984

Se obtiene un tiempo total de 4.30 minutos en la colocación de las etiquetas. Este método no es tan exacto debido a que no considera todas las acciones debido a que se tiene que traducir en tareas básicas.

Proceso: Colocación de Arena

Para la realización de este estudio de tiempo se utilizó el método MTM II, en el cual se identificaron las siguientes acciones para la colocación de la arena en fundas de tela, los cuales irán colocados al interior del filtro:

Análisis de tiempo MTM 2		
Operación: Colocación de minerales		
Descripción de la operación	Código	TMU
Tomar tijeras	GB	23
Tomar malla	GB	23
Dejar las tijeras	PA	20
Recortar la malla (x10cm)	A	140
Enrollar la malla(x100cm)	A	1400
Tomar la cinta	GB	23
Poner la cinta sobre la malla	PA	20
Tomar la arena	GB	23
Llenar la malla de arena	A	112
Sacar la cinta	PA	20
Hacer un nudo	GC	32
Realizar una vuelta a la malla	A	28
Total TMU'S		1,864
Total minutos		1.1184

Se obtuvo que el tiempo estimado para colocar la arena dentro de las fundas de tela es de 1.11 minutos.

Análisis de los tiempos obtenidos

Con las metodologías aplicadas anteriormente se obtuvieron los tiempos promedio de las siguientes estaciones:

Estación	Tiempo promedio
Corte 1	1.43 min
Corte2	22.53 s
Ensamble 1	1.76 min
Ensamble 2	1.83 min
Ensamble 3	22.55 s
Ensamble 4	2.96 min
Ensamble 5	71.45 s
Ensamble 6	52.43 s
Etiquetado	4.30 min
Colocación arena	1.11 min

Identificación de la distribución de los tiempos estándares por cada estación.

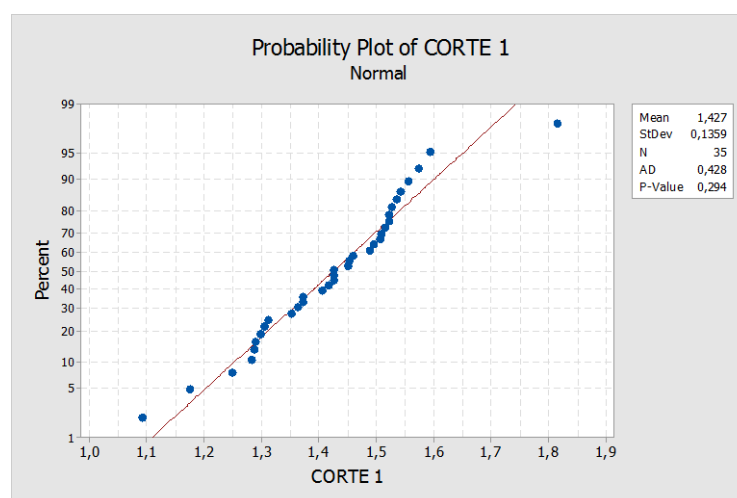
Una vez obtenido los datos, se realiza un análisis de la distribución que tienen los datos en cada una de las estaciones de la línea de ensamble, planteando las pruebas de hipótesis y usando como soporte Minitab como herramienta estadística.

Estación Corte 1:

Hipótesis

Ho: Los tiempos de corte siguen una distribución normal.

H1: Los tiempos de corte no siguen una distribución normal.



Con un valor $p = 0.294$ se puede decir que no existe suficiente evidencia estadística para rechazar Ho, es decir se mantiene como cierto que los datos siguen una distribución normal.

Estación Corte 2:

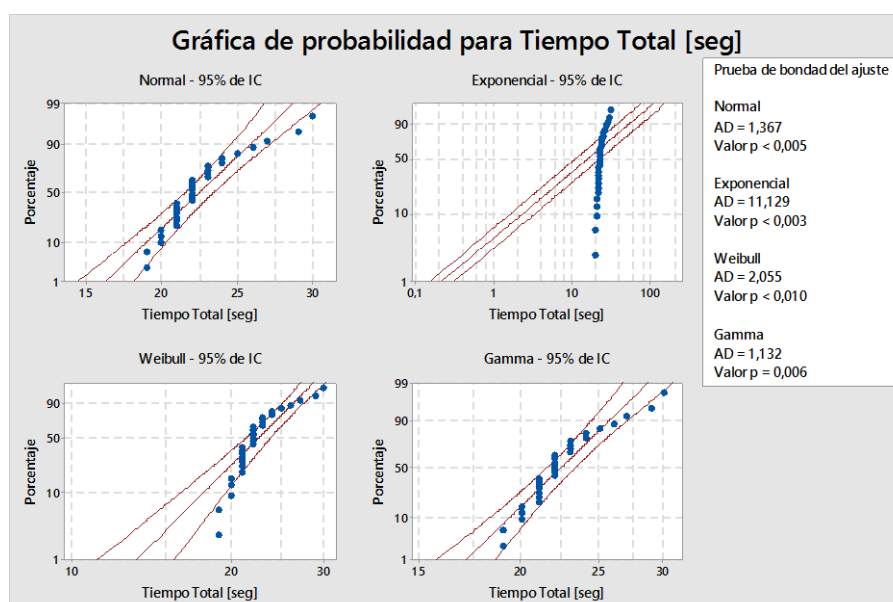
Para la realización del análisis de las distribuciones de la estación de corte II se tomaron en cuenta los 30 datos registrados anteriormente.

Se realiza un análisis para los tiempos totales, que son los tiempos de corte vertical más los tiempos de corte horizontal, para estos datos se determinó lo siguiente:

Hipótesis

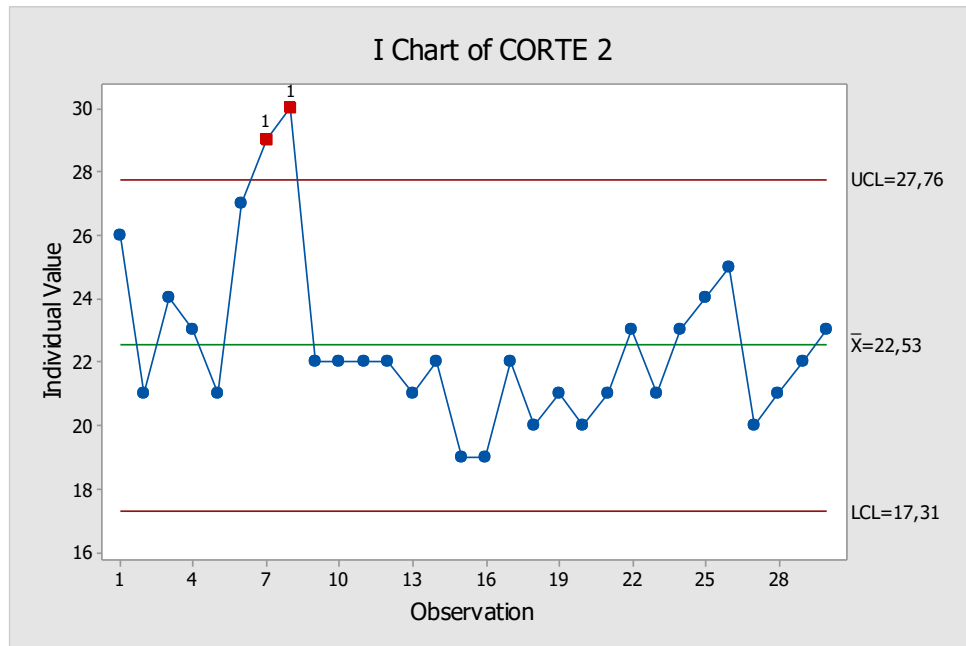
Ho: Los datos siguen una distribución especificada.

H1: Los datos no siguen una distribución especificada.

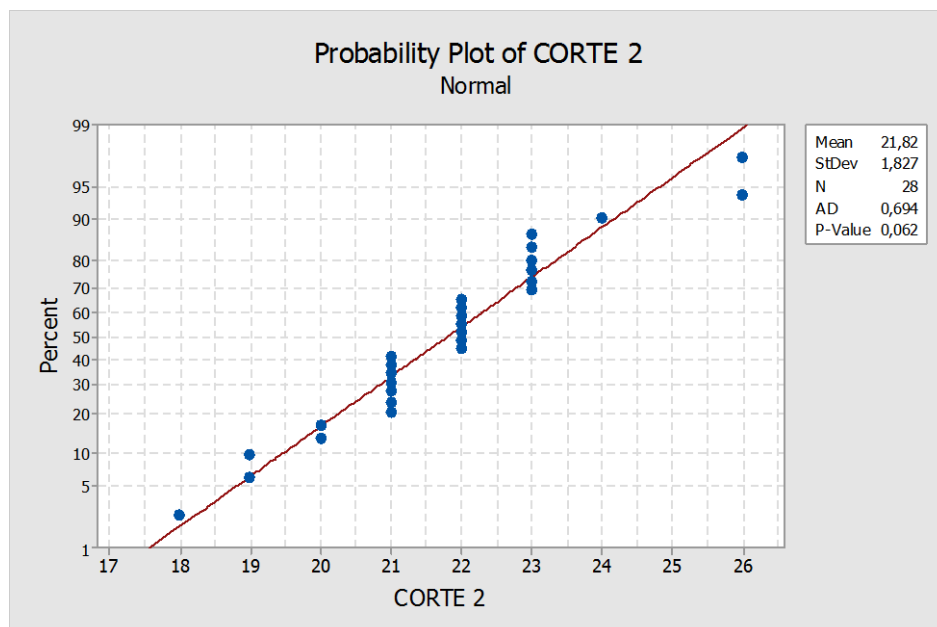


Con el análisis de la hipótesis se rechazan todas las distribuciones propuestas, debido a que los valores obtenidos de p son menores a α para todos los casos.

Para esta estación se procedió a realizar una gráfica de los valores individuales y poder identificar algún dato aberrante entre la muestra.



Por lo que se obtiene que las observaciones 7 y 8 se encuentran fuera de los límites. Esto se debe a la variabilidad que se tiene al momento de tomar los datos, pues, en la línea se encuentran operando diferentes estudiantes y no todos realizan la operación de forma similar o al mismo ritmo. Por este motivo estos datos al haber sido alejados a los límites de especificación serán eliminados y nuevamente se realizará la prueba de normalidad.



Con un valor $p = 0.062$ se puede decir que no existe suficiente evidencia estadística para indicar que los datos no mantienen una distribución normal, por lo que podemos trabajar los datos como normales.

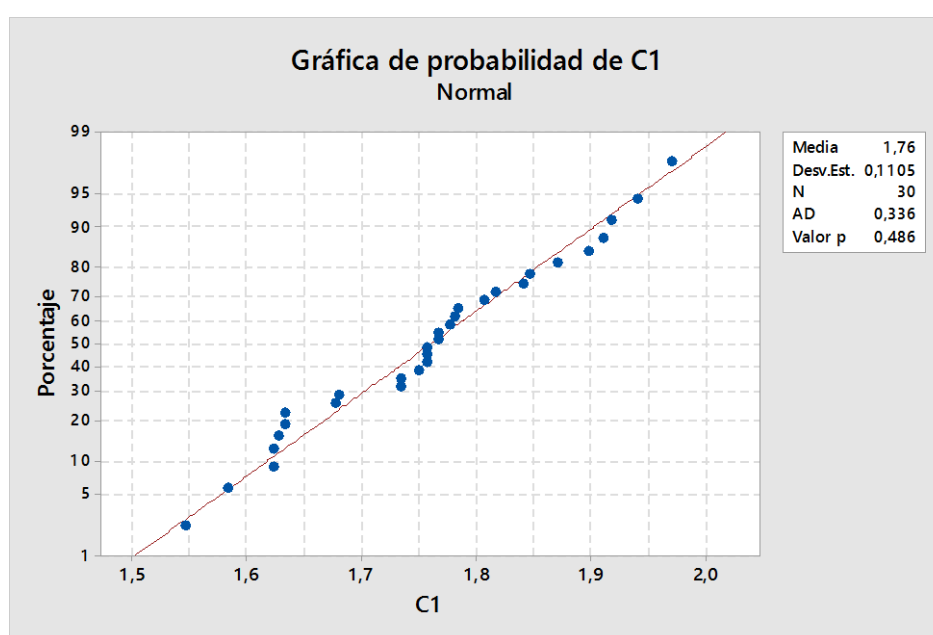
Estación Ensamble 1:

Para la estación de ensamble 1, se procedió a plantear nuestros supuestos iniciando con una prueba de normalidad.

Hipótesis

Ho: Las tomas de tiempo en la estación de pegado siguen una distribución normal.

H1: Las tomas de tiempo en la estación de pegado no siguen una distribución normal.



No existe suficiente evidencia estadística para rechazar Ho, por lo que se concluye que los tiempos tomados en la estación de pegado se comporta como una normal.

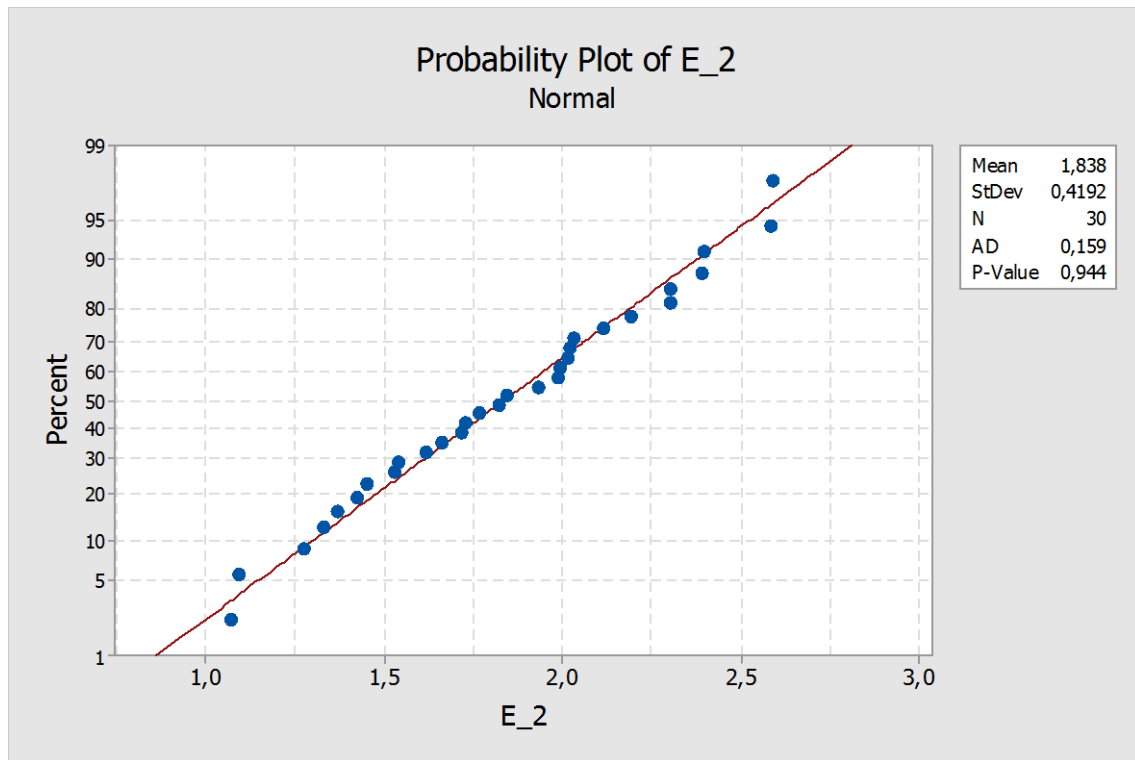
A este tiempo obtenido se le sumará un valor de 1.25 min constante dedicado al tiempo de secado y no dependía de la persona que se encontraba haciendo la actividad, pues indistinto del operario, el tiempo de secado era igual.

Estación Ensamble 2:

En esta estación se realizó el pegado del anillo y malla procedentes de la estación anterior con el tubo y se procedió a realizar el planteamiento de las hipótesis:

Ho: Las tomas de tiempo en la estación de pegado siguen una distribución normal.

H1: Las tomas de tiempo en la estación de pegado no siguen una distribución normal.



Con un valor $p = 0.94$ se puede decir que existe suficiente evidencia estadística para indicar que los datos pueden ser considerados normales.

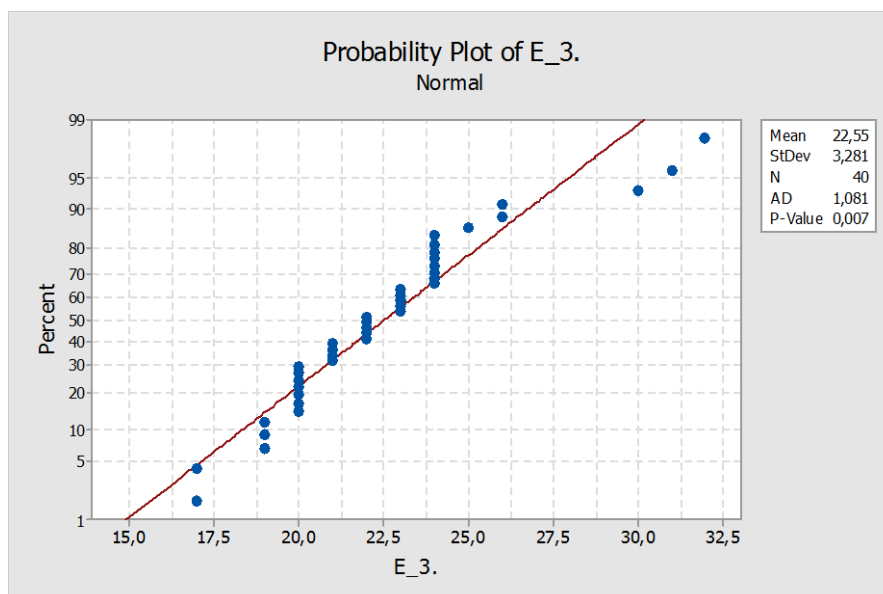
Estación Ensamble 3:

Para la estación de ensamble 3, se procedió a plantear nuestros supuestos iniciando con una prueba de normalidad.

Hipótesis

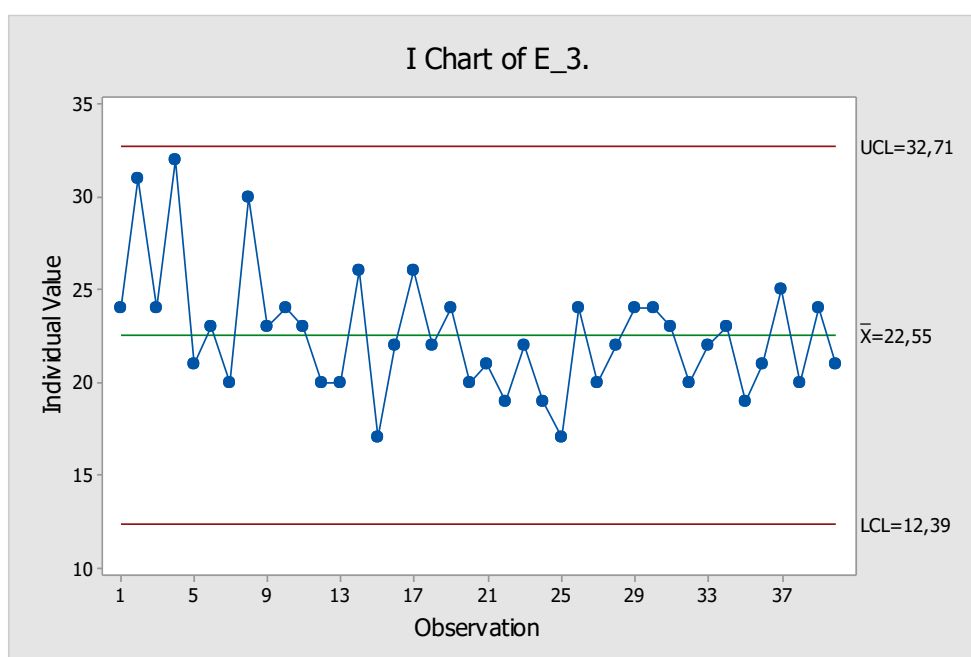
Ho: Las tomas de tiempo en la estación de pegado siguen una distribución planteada.

H1: Las tomas de tiempo en la estación de pegado no siguen una distribución planteada.



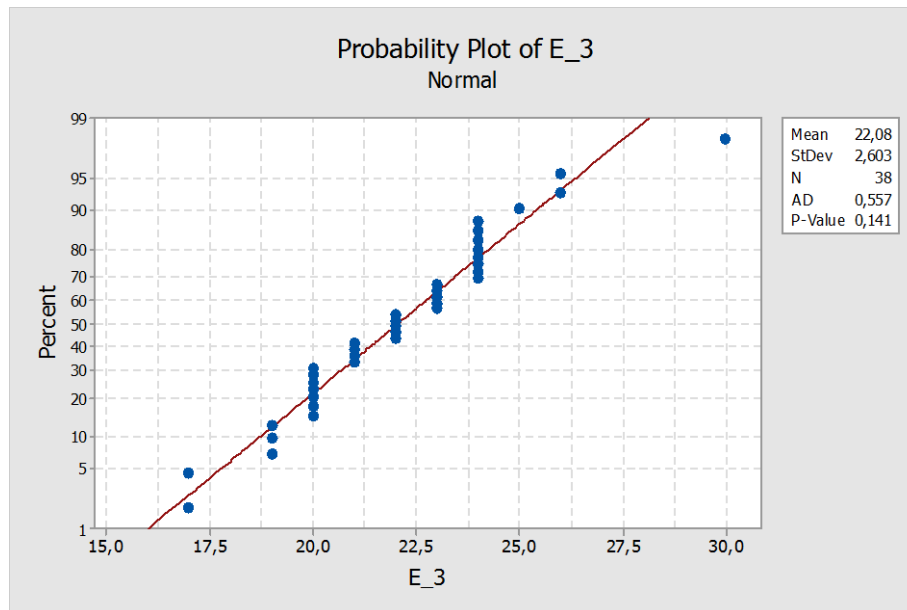
Con los valores de p obtenidos en la gráfica, se puede concluir que los datos no siguen una distribución normal.

Los datos analizados no muestran alguna distribución por lo que se analizarán estos datos en una carta de control y poder eliminar los datos aberrantes.



Como se observa en la gráfica de control, las observaciones 2 y 4 se encuentran cerca del límite de los intervalos de confianza por lo que se puede optar por eliminarlos. Se puede decir que serán eliminados porque al momento de tomar los tiempos se presenta variabilidad en los datos, pues no siempre se toma tiempo a la misma persona, por lo tanto, no siempre se realizará esta actividad al mismo ritmo.

Una vez eliminados los datos aberrantes se procede a graficar nuevamente los datos y verificar si cumple con alguna distribución.



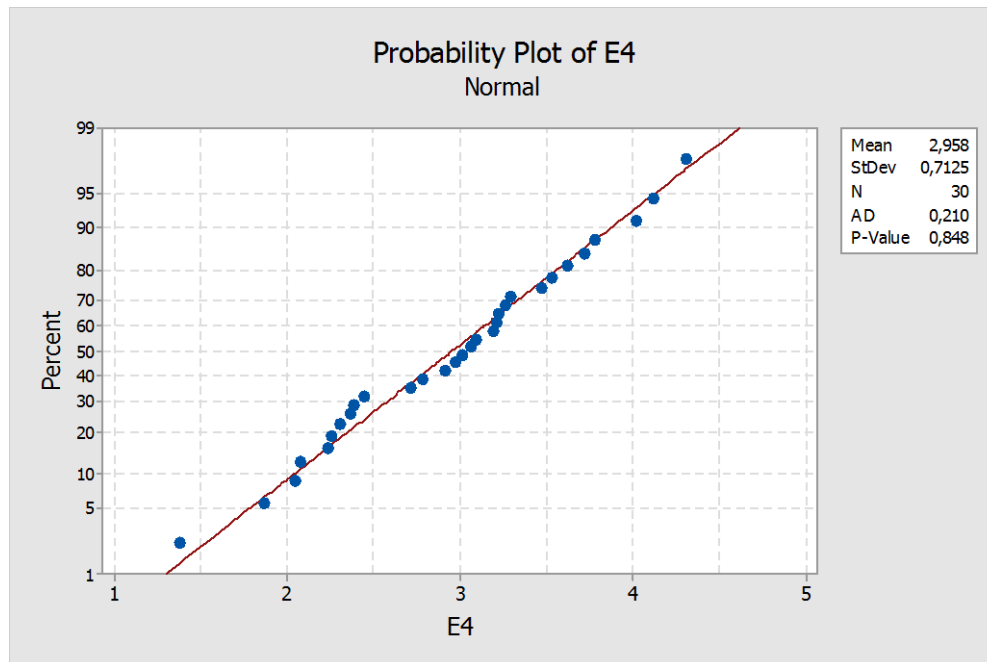
Con un valor $p = 0.141$ se puede decir que no existe suficiente evidencia estadística para decir que los datos no siguen una distribución normal, por lo que pueden ser considerados como tal.

Estación Ensamble 4:

En esta estación se coloca la llave en el tubo que ya tiene perforación. Se plantean las pruebas de hipótesis para comprobar si mantienen cierta distribución.

H_0 : Las tomas de tiempo en la estación de pegado siguen una distribución normal.

H_1 : Las tomas de tiempo en la estación de pegado no siguen una distribución normal.



Con un valor $p = 0.84$ mayor al nivel de significancia (0.05) se puede concluir que los datos mantienen una distribución normal.

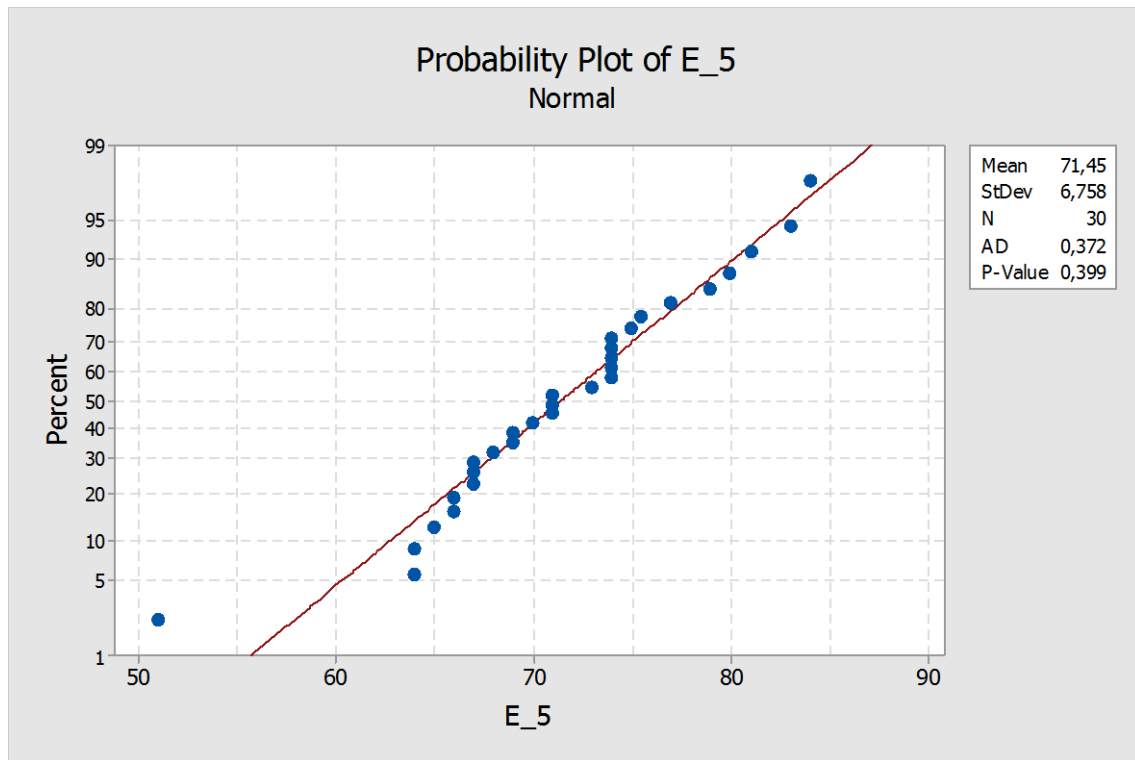
Estación Ensamble 5:

Para la estación de ensamble 6, se procedió a plantear nuestros supuestos iniciando con una prueba de normalidad.

Hipótesis

H_0 : Las tomas de tiempo en la estación 5 siguen una distribución normal.

H_1 : Las tomas de tiempo en la estación 5 no siguen una distribución normal.



Con un valor $p = 0.399$ mayor al nivel de significancia de 0.05 no existe suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 por lo que se concluye que los datos obtenidos en la estación de ensamble 5 pueden comportarse de forma normal.

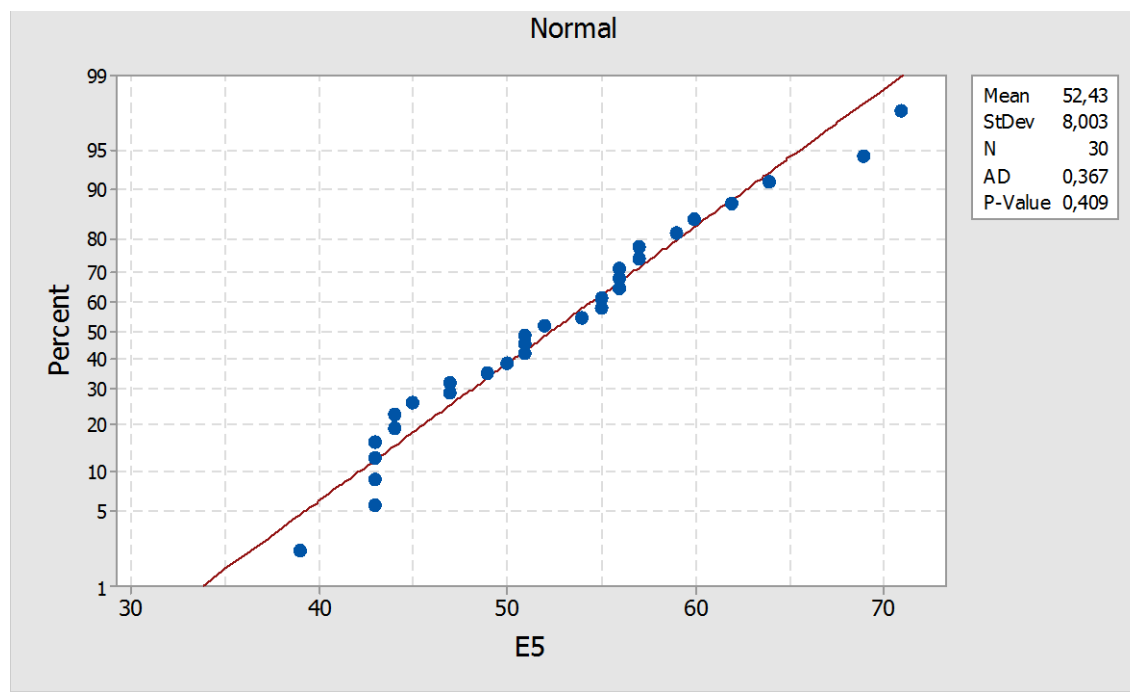
Estación Ensamble 6:

Para la estación de ensamble 6, se procedió a plantear nuestros supuestos iniciando con una prueba de normalidad.

Hipótesis

H_0 : Las tomas de tiempo en la estación de ensamble siguen una distribución normal.

H_1 : Las tomas de tiempo en la estación de ensamble no siguen una distribución normal.



No existe suficiente evidencia estadística para rechazar H_0 , por lo que se concluye que los tiempos tomados en la estación de ensamble final se comporta como una normal.

Obtención del tiempo estándar

Finalmente, los tiempos que se obtuvieron fueron calificados usando el Plan de Calificación del Desempeño Westinghouse.

El plan evalúa el ritmo del operador en función a tres características: destreza, efectividad y aplicación física, por lo que se analizó cada estación en base a estas características y el valor total de la suma de la calificación por característica es el factor de nivelación que se multiplica al tiempo normal calculado, obteniendo así un tiempo nivelado.

	CORTE 1		CORTE 2		ENSAMBLE 1		ENSAMBLE 2		ENSAMBLE 3		ETIQUETADO	
	1,43	min	21,89	seg	3,01	min	1,84	min	22,04	seg	4,30	min
	0,13	min	1,85	seg	0,11	min	0,41	min	1,92	seg		
Destreza	3+3+0	6	3+3+0	6	3+6+2	11	6+0+2	8	0+3+0	3	3+0+2	5
Efectividad	0-4+0	-4	0-4+0	-4	0+3+0	3	-4+6+0	2	0+3+0	3	0+0+3-4	-1
Aplicación física	3	3	3	3	3+0	3	6+0	6	0-2	-2	0	0
	Total	5	Total	5	Total	17	Total	16	Total	4	Total	4
	Factor Niv.	1,05	Factor Niv.	1,05	Factor Niv.	1,17	Factor Niv.	1,2	Factor Niv.	1	Factor Niv.	1
Tiempo estándar	1,498		22,80		3,5		2,13		22,92		4,490	

	ENSAMBLE 4		ENSAMBLE 5		ENSAMBLE 6		Armar Arena		Armar Zeolita	
		2,96	min	71,45	sec	52,43	sec	1,11	min	1,27
	0,71	min	6,76	sec	8,00	sec			0,21	min
Destreza	-4+6+2	4	0-2+0	-2	0+3+0	3	0+0+2	2	0+0+2	2
Efectividad	3+3+3+0	9	0+6+0+0	3	-2+0+0+0	-2	-2+3+3+0	4	-2+3+3+0	4
Aplicación física	3+0	3	3+0	3	3+0	3	0+0	0	0+0	0
	Total	16	Total	4	Total	4	Total	6	Total	6
	Factor Niv.	1,16	Factor Niv.	1,04	Factor Niv.	1,04	Factor Niv.	1,1	Factor Niv.	1,1
Tiempo estándar		3,43		74,5		54,527		1,18		1,35

A continuación, se muestra el resumen de los tiempos de las diferentes estaciones de la línea de elaboración de filtros de agua:

Tabla resumen de tiempos		
Corte 1	$N(1.49,0.13^2)$	min
Corte 2	$N(22.8,1.85^2)$	s
Ensamble 1	$N(3.50,0.11^2)$	min
Ensamble 2	$N(2.13,0.412^2)$	min
Ensamble 3	$N(23.00,1.91^2)$	s
Etiquetado	4.49	min
Ensamble 4	$N(3.43,0.71^2)$	min
Ensamble 5	$N(74.59,6.76^2)$	s
Ensamble 6	$N(54.74,8^2)$	s
Arena	1.18	min
Zeolita	$N(1.35,0.214^2)$	min

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió obtener el tiempo promedio en la que se lleva a cabo la actividad de cada estación, más sin embargo, los tiempos obtenidos fueron de cada estudiante que se encontraba en la línea al momento de realizar la toma.

Para las estaciones en las cuales por motivos de materia prima como en el caso de la estación de etiquetado y puesta de arena no se pudo tomar tiempos, se realizó la metodología MTM, existen dos que actualmente se siguen trabajando y aún no concluye la toma de los tiempos.