

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS  
AMÉRICAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial

Propuesta del método para la programación y control de los  
proyectos en la empresa Equipos El Prado S. A.

**AUTOR**

Sebastián Núñez Bermúdez

**TUTOR**

Ing. Luis César Quirós González

**LECTORA**

Ing. María Luisa Barahona Elías

**SAN JOSÉ, DICIEMBRE, 2022**

## RESUMEN EJECUTIVO

En la programación de los proyectos anteriores y los datos históricos de la empresa Equipos El Prado S. A. se hace constar que los proyectos no están saliendo en la fecha que se le indica al cliente, ocasionando un disgusto por parte de este y un atraso en los demás proyectos que se tienen planeados, ya que al carecer de un método de programación y control no se puede determinar cuánto tiempo se tiene por actividad ni cómo colocar los proyectos para que logren salir a tiempo. Además, al no tener un orden establecido para la realización de los proyectos se tiene que pagar un exceso de horas extras que representa un gasto considerable para la empresa.

Se incluye un método de programación y control con dos herramientas funcionales, una de ellas permite determinar cuánto tiempo se puede durar en una actividad (Método PERT) y la otra herramienta permite conocer qué proyecto es más importante para la empresa, determinando de este modo a cuál se le tiene que dar la prioridad 1 (Matriz de priorización).

Con la propuesta se lograría que los proyectos se puedan realizar en la fecha indicada con el horario normal del colaborador, sin necesidad de pagar horas extras innecesarias, esto ayuda a que la empresa pueda invertir ese dinero de otra manera. Esta propuesta tiene el potencial de ser el método que ayude a organizar los proyectos de ahora en adelante.

La propuesta de un método que ayude a organizar no solo mejora el orden de la empresa, sino que presenta beneficios en la distribución de los proyectos, logrando que se completen en las horas laborales, eliminando así las horas extras innecesarias. Con la herramienta se espera un beneficio económico de, aproximadamente,  $\phi$ 1 138 680.00 colones, de manera mensual, que corresponde al precio de las horas extras de los colaboradores.

## Contenido

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTOS .....	2
CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA .....	4
CARTA DE INCORPORACIÓN DE LAS MODIFICACIONES AL TFG .....	5
DECLARACIÓN JURADA .....	6
SOLICITUD DE DEFENSA .....	7
RESUMEN EJECUTIVO .....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCION .....	17
Generalidades de la Empresa.....	18
Historia.....	18
Información General .....	18
Misión .....	19
Visión.....	19
Tamaño de la empresa .....	19
Mercado .....	19
Localización de la empresa.....	19
Objetivos.....	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos .....	20
Planteamiento del Problema .....	20
Justificación.....	21
Antecedentes.....	21
Proyecciones.....	25

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO .....	26
Herramientas para Describir el Problema.....	26
5W+2H.....	26
Análisis FODA.....	26
Cuadro estadístico .....	29
Histograma de frecuencia .....	30
Estudio de tiempos.....	31
Herramientas para Medir las Consecuencias.....	32
AMFE .....	32
Pronósticos.....	34
Herramientas para Analizar las Causas .....	35
5 por qué .....	35
Diagrama causa-efecto.....	36
Herramientas para el Diseño o Propuesta.....	38
Matriz de priorización de proyectos .....	38
Método PERT .....	38
Programación basada en la razón crítica.....	42
Herramientas para el Control de la Propuesta .....	43
Diagrama de Gantt .....	43
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO .....	45
Enfoque.....	45
Enfoque cuantitativo .....	45
Enfoque cualitativo .....	45
Enfoque mixto.....	45

Enfoque elegido .....	45
Alcance .....	46
Alcance exploratorio .....	46
Alcance descriptivo.....	46
Alcance correlacional.....	46
Alcance explicativo.....	46
Alcance seleccionado.....	46
Diseño .....	47
Diseño experimental .....	47
Diseño no experimental .....	47
Diseño elegido .....	47
Variables .....	47
Muestra de la investigación .....	49
Instrumentos .....	50
Proceso para la recolección de datos .....	50
Método de Análisis .....	52
Cronograma .....	53
<b>CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN .....</b>	<b>56</b>
Descripción del Problema.....	56
Diagrama de flujo .....	57
5W+2H.....	58
Análisis FODA.....	59
Cuadro estadístico .....	61
Histograma de frecuencia .....	62

	12
Medición de las Consecuencias .....	63
AMFE .....	63
Análisis de las Causas.....	65
5 por qué .....	65
Diagrama causa-efecto.....	66
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
Conclusiones.....	69
Recomendaciones .....	70
CAPÍTULO VI PROPUESTA .....	73
Propuesta .....	73
Método PERT .....	73
Matriz de priorización de proyectos .....	81
Evaluación económica.....	92
Beneficios económicos .....	92
Costos.....	94
Relación costo / beneficio de la propuesta.....	95
Plan de Implementación .....	96
REFERENCIAS .....	99
APÉNDICE .....	103

## **Tablas**

Tabla 1 Variables .....	48
Tabla 2 Muestra.....	49
Tabla 3 Instrumentos.....	50

Tabla 4 Recolección de datos.....	50
Tabla 5 Método de análisis.....	52
Tabla 6 Tabla de Histograma .....	62
Tabla 7 Resumen AMFE.....	65
Tabla 8 Diagrama Causa efecto .....	67
Tabla 9 Recomendaciones.....	70
Tabla 10 Actividades para los proyectos.....	74
Tabla 11 Actividades.....	75
Tabla 12 Tabla del ejemplo del método PERT .....	77
Tabla 13 Tabla del ejemplo 2 del método PERT .....	79
Tabla 14 Costo de las horas extra por categoría salarial.....	93
Tabla 15 Monto mensual por concepto de horas extras .....	93
Tabla 16 Cronograma de implementación .....	96
Tabla 17 Descripciones de las actividades del plan de implementación.....	97

### **Figuras**

Figura 1 Análisis FODA ejemplo.....	27
Figura 2 FODA con ponderaciones.....	28
Figura 3 Gráfico de FODA.....	29
Figura 4 Ejemplo de cuadro estadístico .....	30
Figura 5 Intervalos y frecuencias .....	31
Figura 6 Ejemplo de histograma .....	31
Figura 7 Plantilla AMFE.....	33
Figura 8 Gráfico de dispersión RLS.....	34
Figura 9 Pronóstico RLS .....	35

Figura 10 Estructura de Diagrama de Ishikawa .....	37
Figura 11 Ejemplo de Diagrama de Ishikawa .....	37
Figura 12 Ejemplo de matriz de priorización.....	38
Figura 13 Secuencia PERT .....	39
Figura 14 Ejemplo de tiempos PERT.....	40
Figura 15 Método PERT primera demostración .....	41
Figura 16 Método PERT segunda demostración.....	41
Figura 17 Fórmula Tiempo Estimado .....	41
Figura 18 Ejemplo de RC.....	42
Figura 19 Diagrama de Gantt .....	44
Figura 20 EDT.....	54
Figura 21 Cronograma de trabajo.....	55
Figura 22 Diagrama de Flujo .....	57
Figura 23 5W+2H.....	58
Figura 24 Análisis FODA .....	59
Figura 25 Importancia FODA .....	60
Figura 26 Gráfico del FODA .....	60
Figura 27 Cuadro Estadístico .....	61
Figura 28 Histograma de frecuencias.....	62
Figura 29 AMFE .....	64
Figura 30 5 por qué .....	66
Figura 31 Diagrama Ishikawa .....	66
Figura 32 Instrucciones del software PERT.....	75
Figura 33 Interfaz de Software.....	76

Figura 34 Diagrama PERT .....	76
Figura 35 Ejemplo de datos en el método PERT .....	78
Figura 36 Diagrama PERT (Ejemplo).....	79
Figura 37 Ejemplo 2 de datos en el método PERT .....	80
Figura 38 Diagrama PERT (Ejemplo 2).....	81
Figura 39 Tabla de explicación .....	83
Figura 40 Botón de inicio.....	83
Figura 41 Botón de movimiento en el libro .....	84
Figura 42 Interfaz de alineamiento.....	85
Figura 43 Beneficios del proyecto .....	86
Figura 44 Riesgos de los proyectos.....	86
Figura 45 Interfaz de priorización.....	87
Figura 46 Priorización.....	87
Figura 47 Botones de priorización .....	87
Figura 48 Gráfico de priorización con cuadrantes .....	88
Figura 49 Explicación de los alineamientos y porcentajes otorgados.....	89
Figura 50 Ejemplo de hoja de alineamiento.....	89
Figura 51 Cálculo ejemplo .....	90
Figura 52 Priorización ejemplo .....	91
Figura 53 Gráfico ejemplo .....	92
Figura 54 A1.....	103
Figura 55 A2.....	103
Figura 56 A3.....	104
Figura 57 A4.....	104

Figura 58 A5.....	105
Figura 59 A6.....	105
Figura 60 A7.....	106

## CAPÍTULO I. INTRODUCCION

El proyecto consiste en el uso de distintas herramientas para poder mejorar la organización de la empresa respecto a la salida de los productos, por ello en el diseño se va a enfocar la manera para buscar una buena priorización. La importancia de este proyecto para la empresa es dar el conocimiento a la gerencia de las herramientas útiles para poder ordenar la producción, ya que no siempre es la misma producción, incluso con otras herramientas se puede fabricar más, gracias a la organización que tendrá la empresa, si se empieza a producir en los mejores tiempos, la producción aumentaría un porcentaje considerable, por lo mismo ocupa organizarse de la mejor manera.

La línea de la investigación es la planificación, control y ejecución de proyectos, hacia ahí va dirigido el proyecto, para concentrarse solo en esos problemas, que son los críticos y los que necesita resolver.

Respecto al contenido del documento, se realizó una división por medio de capítulos, donde en el capítulo I donde se explica el origen del proyecto y se brinda información sobre la empresa, contiene la introducción, generalidades de la empresa, los objetivos, justificación, antecedentes y proyecciones.

El capítulo II corresponde al marco teórico, contiene descripciones detalladas de las herramientas, como el análisis FODA, estudio de tiempos en el caso de detallar el problema, para medir las consecuencias que provoca el problema se utilizan las de pronósticos. Para las causas se utilizaron herramientas conocidas como el Ishikawa y los 5 por qué. Seguidamente los elegidos para la propuesta fueron el Método PERT y la programación basada en la razón crítica. Por último, para poder controlar la propuesta a futuro se propone el Diagrama de Gantt y los gráficos de control.

En el capítulo III, Marco Metodológico, se presenta la elección y descripción del enfoque, alcance, diseño, variables, las muestras que se van a obtener para la elaboración del proyecto, los instrumentos que se van a necesitar, cómo se recolectaran los datos, la metodología de análisis y finalmente un cronograma del trabajo por realizar.

En el capítulo IV, Análisis de Situación, se hace hincapié en los tres primeros objetivos, describiendo el problema, midiendo las consecuencias de este y analizando las causas para brindar el detalle de las respuestas.

En el capítulo V, Conclusiones y Recomendaciones, se describirán los principales puntos encontrados en el transcurso del trabajo, así como las recomendaciones que se deberían llevar a cabo para cumplir exitosamente la propuesta

Por último, en el capítulo VI, Propuesta, se expondrán las herramientas recomendadas, su desarrollo, los gráficos, diagramas y otras herramientas de la Ingeniería Industrial. Se establecerán los beneficios operativos y también se propondrá un cronograma que abarcará las fechas de función de la propuesta y, para finalizar, su respectivo análisis económico.

### **Generalidades de la Empresa**

A continuación, se comentará un poco sobre la empresa, su historia, misión, visión, entre otros datos generales.

#### **Historia**

Nuestros productos han sido beneficiosos para productores de banano, piña, tomate, palma, cacao, flores, madera y demás. Así mismo, nuestros conveyors y bandas se utilizan en embotelladoras de refrescos gaseosos, distribuidoras de productos comestibles, productos farmacéuticos, distribuidoras de ropas, terminales de aeropuertos y contenedores. (Equipos El Prado S.A., 2022)

#### **Información General**

Ubicados en Heredia, Costa Rica y con más de cuarenta años de servir a la industria bananera nacional e internacional, con todo el equipo de transporte y sus accesorios (Sistemas de Cable Vía), Equipos El Prado S.A atiende actualmente a toda la industria (tanto en el área agrícola como industrial en general). Contamos con más de 20 años de ofrecer transportadores de fajas y rodillos (conveyors) a varias industrias. Ahora ofrecemos, junto a nuestra experiencia, una nueva y variada líneas de productos que pueden ser útiles para el manejo, manipulación y disposición de sus materiales o productos, de una manera más eficiente, donde usted lo requiera. (Equipos El Prado S.A., 2022)

## **Misión**

“Satisfacer las necesidades individuales de nuestros clientes y sus expectativas, mediante el planeamiento y puesta en práctica de soluciones integrales y efectivas para el manejo de sus productos, dirigidas a elevar la eficiencia y eficacia de su proceso productivo” (Equipos El Prado S.A., 2022)

## **Visión**

“Ser reconocidos como empresa líder en el ámbito nacional e internacional por el alto grado de calidad de nuestros productos y servicios y así lograr generar valor agregado a nuestros socios, colaboradores, clientes y proveedores” (Equipos El Prado S.A., 2022)

## **Tamaño de la empresa**

La empresa es de un tamaño mediano y cuenta con un total de 70 empleados, contando administrativos y operarios.

## **Mercado**

“La empresa atiende a toda la industria que requiera los productos, aunque sus principales compradores son los países de Guatemala, Panamá, Honduras, Nicaragua, Belice, México, Jamaica, República Dominicana, Senegal, Ghana, Puerto Rico” (Equipos El Prado S.A., 2022)

## **Localización de la empresa**

“La empresa se encuentra ubicada en el Distrito de San Francisco, de la provincia de Heredia, en calle La Rusia contiguo a Cuétara Alimentos Ligeros de Centroamérica S. A.” (Equipos El Prado S.A., 2022)

Se puede encontrar, en Waze y Google Maps como Equipos El Prado

## **Objetivos**

A continuación, se denotan los objetivos, el general y los cinco específicos.

### **Objetivo general**

- Proponer el método para la programación y control de la producción en la fábrica Equipos El Prado S. A. para que su producción semanal pueda salir a tiempo, con los mínimos retrasos.

### **Objetivos específicos**

- Describir el problema que presenta la fábrica con los tiempos de entrega debido a la falta de organización de los proyectos.
- Medir el impacto de los retrasos que presenta la fábrica, la cual carece de herramientas para la programación y control de los proyectos.
- Analizar la causa que genera los retrasos en la fábrica.
- Diseñar el método de programación y control en la empresa.
- Establecer los mecanismos e indicadores que se utilizarán para controlar la propuesta.

### **Planteamiento del Problema**

El problema que presenta la fábrica se basa en la falta de organización en sus proyectos, el lugar no cuenta con planificaciones ni orden de entrada. No tienen conocimiento de cómo se pueden ordenar los proyectos para lograr sacarlos en la fecha límite o inclusive tenerlos listos antes.

La fábrica cuenta solamente con el criterio propio del equipo de producción para organizar los proyectos, esto viene siendo una forma anticuada y sin soporte estadístico para garantizar su funcionamiento, dando a saber, con el paso del tiempo los retrasos que genera el orden que planifican.

El proyecto va dirigido hacia la línea de retrasos en la fecha de entrega, para proponer un método de manera que los tiempos disminuyan, se planea capacitar al encargado para utilizar las herramientas y formular fechas para su revisión correspondiente. Se espera que sea de gran impacto para la empresa y se logren los objetivos propuestos.

Cabe recalcar que el principal problema es que, si un proyecto se atrasa en salida, el atraso es de una semana, que es cuando en la fábrica manda la producción, es decir, los martes de todas las semanas se manda de gira para que repartan toda la producción y si no se pudo sacar ese martes se tiene que esperar hasta el siguiente.

Del problema que se presenta surge la incógnita que se planea resolver durante el avance del proyecto: ¿Qué método de programación y control se puede utilizar para los proyectos de la fábrica Equipos El Prado S. A.?

## **Justificación**

Este trabajo facilitará la distribución de una manera más coherente, sin necesidad de usar la lógica ni el criterio propio, puesto que son muy subjetivos, por ende, el proyecto de investigación tiene como objetivo ayudar de una manera dinámica a que la gerencia o el encargado entiendan las herramientas y la forma como se puede programar la producción. Por lo tanto, si se quieren evitar retrasos es necesario conocer y comprender los métodos de programación.

Este proyecto presenta beneficios económicos y operativos, debido a que los proyectos se podrán terminar a tiempo, asumiendo que se terminaran antes, quedará más lapsos para realizar otros proyectos, adelantar los futuros y muchos beneficios más, esto a nivel operativo. Respecto al nivel económico, se podría hablar de que si se apresuran los productos se podrían realizar más proyectos, por la simple razón de que queda tiempo restante durante el proceso de producción.

Como la empresa presenta el problema de retrasos y presiones en el tiempo de entrega, esta investigación llega para solucionar la problemática. También se busca capacitar al encargado de la producción, para que este proceso se haga de forma mensual o semestral, dependiendo de la producción de ese periodo del año.

## **Antecedentes**

A continuación, se presentarán los antecedentes, tanto de tesis como de artículos científicos, con la finalidad de que sirva como guía.

### **Tesis de referencia**

Jiménez (2010), su tesis se titula “Propuesta de rediseño del sistema integrado de programación y control de la producción, de la empresa Nutriquím S. A.”, para optar por el grado de bachillerato en Ingeniería Industrial en la Universidad Internacional de las Américas.

Aquí se utiliza las mismas herramientas para un trabajo de investigación de programación y control, que viene siendo el Plan Maestro de Producción, herramientas para la planeación y control de la producción principalmente para la propuesta del diseño, en este proyecto, como se entró al tema de materiales, se utilizó el MRP y la capacidad instalada.

Se concluye que con una inversión de \$4750 se traerá muchos más beneficios, enfocándose en la capacitación de los empleados al uso de las herramientas, porque es necesaria esta enseñanza para que asuman nuevas responsabilidades y funciones para lograr gestionar el cambio al respecto.

Espinoza (2012), su tesis se titula “Propuesta de mejora del Sistema de Programación y Control de la producción, en el proceso de impresión de la empresa Fotolit S. A., con el fin de aumentar la productividad”, para optar por el grado de bachillerato en Ingeniería Industrial en la Universidad Internacional de las Américas.

En dicho proyecto se emplea el uso de herramientas como Diagrama de Ishikawa, herramientas para la programación y control como el plan maestro de producción, el MRP y para la parte económica se hace el uso de evaluaciones económicas, así como de los flujos de caja para determinar su rentabilidad.

En conclusión, se determina que se reduciría en un 10% las horas de mantenimiento, por lo tanto, se evitan retrasos, teniendo como beneficio económico \$2,539.24, un ahorro de \$40,55 respecto a las aprobaciones de máquina y reducen 0,15 horas en estas. La eliminación de paros de la maquinaria cuenta con un ahorro de \$9,369.67.

Cerdas (2016) en su artículo de tesis titulado “Propuesta de mejora para el sistema integrado de programación y control de la producción del departamento de set up & stage-gingiva en el área de Norte América en la empresa Invisalign”, para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad Internacional de las Américas, utiliza métodos de programación y control para el correcto desarrollo del tema.

Utiliza, principalmente, herramientas como SIPOC para identificar los elementos importantes para el proyecto, también utiliza estudios de tiempos para saber cómo se comporta y dónde están los atrasos, posteriormente sigue utilizando más herramientas para identificar la causa del problema y para finalizar usa un método de SIPCP, para optar por un plan maestro de producción de manera teórica y real y MRP para formar la propuesta.

Se concluye que gracias al proyecto se permite desarrollar una propuesta que logre cumplir la calidad y la cantidad de casos resueltos, debido a la mejora del sistema de programación y control de los procesos. Por lo tanto, se determina, según la tesis, que los beneficios llegarían a ser billonarios en relación con los costos iniciales.

Gutiérrez (2016), su trabajo se titula “Propuesta de diseño del Sistema Integrado de Programación y control de la producción para el proceso productivo de bolis de la empresa Alimentos Cónica S.A (ACSA)”, para optar por el grado de bachillerato en Ingeniería Industrial en la Universidad Internacional de las Américas.

En este proyecto se hace el uso de herramientas para identificar el problema, tales como el diagrama de causa-efecto, los indicadores de control para poder identificar y tener un control de la propuesta, así mismo para la propuesta se utiliza ERP, MRP, Plan Maestro de Producción, también se hace un análisis de productividad para averiguar cómo está durante la situación actual.

La conclusión del proyecto está determinada en que si se implementan las herramientas propuestas se obtendrá un control mayor en el tiempo de proceso y así mismo de los insumos que se requiere para producir, por lo tanto, facilita el ordenamiento de los datos y la fácil localización de estos.

González (2018), su artículo de tesis se titula “Propuesta de mejora del sistema integrado de programación y control de la producción en el tiempo de alisto de fórmulas utilizadas en la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos”, para optar por el grado de bachillerato en Ingeniería Industrial en la Universidad Internacional de las Américas.

En este trabajo utiliza pronósticos para poder calcular un aproximado de la producción por proyecto, plantea el uso del MRP, que es una planificación de requerimientos por material, esto como parte de la propuesta, de igual forma emplea el plan maestro de producción, para evaluar el análisis de la situación aprovecha los diagramas de flujo y Pareto.

Se concluye que este proyecto garantiza que se le agrega valor al proceso de la planta, también explica y detalla, por medio de porcentajes, cómo se representan los retrasos y cuál es su principal factor e introducción de herramientas que la empresa no tenía previstas ni registro de su utilización.

### **Revistas científicas de referencia**

Bustos-Flores y Chacón-Parra (2007), en su artículo llamado “El MRP en la gestión de inventarios”, publicado en la revista *Visión Gerencial* de la Universidad de los Andes (Venezuela), comenta sobre el uso de las herramientas para la planificación y control de las existencias del inventario y la forma en que se eligió el MRP para el problema y el objeto de estudio, así mismo, facilita una técnica nueva para eliminar las ineficiencias y errores de los métodos antiguos.

En conclusión, se determina el uso de MRP en las grandes industrias, y que lo que afecta a las pequeñas o medianas empresas es la falta de conocimiento y de la implementación de esta herramienta.

Solar, Chacón, y Ponce (2008) explican que mayormente el problema de las pequeñas empresas viene siendo la planificación de la producción y cómo la implementación del Plan Agregado de Producción afectó con los datos históricos y que si se hubiera aplicado en ese momento se hubieran reducido los costos de producción, y se utilizan gráficos para valorar el cambio y el movimiento del proceso.

La conclusión del artículo científico recae en la disminución en un 1,92% de los costos de producción, sin afectar las cargas laborales, también la inversión para la producción disminuye un cierto porcentaje, que le beneficia a la pequeña empresa.

Ortiz-Triana y Caicedo-Rolón (2014), en su artículo titulado “Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado”, publicado en la revista *Scientia Et Technica* de la Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia), diseñan un procedimiento para la programación y control de una pequeña empresa, por lo tanto, se explica la programación aplicada y la teoría utilizada, en este caso la programación lineal y la teoría de restricciones, aunque se enfoca más en métodos matemáticos.

Se concluye que las metodologías son necesarias en las empresas pequeñas para poder avanzar y crecer, siendo esto una ventaja hacia la competencia y un paso para dar la solución a la problemática identificada.

Tamayo García y Urquiola García (2014), en su artículo llamado “Concepción de un procedimiento para la planificación y control de la producción haciendo uso de herramientas matemáticas”, publicado en la revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa de la Universidad Pablo de Olavide (España), proponen que mediante fórmulas y ecuaciones matemáticas se logre una planificación aceptable en la producción. Analizando que el artículo se enfoca solamente en herramientas matemáticas, se tomará en cuenta los conceptos y la información relevante, como la forma y el resultado de como lograron que la empresa obtuviera la cantidad y la calidad requerida para su venta.

También como la empresa elige la herramienta más útil para su problemática, se concluye que las herramientas planteadas sirven en cualquier empresa con la problemática, que se enfoca en mejorar los flujos de producción para obtener más control.

Reyes-Zotelo, Díaz-Madroñero, Gutiérrez-González, y Mula (2017), en su artículo llamado “Plan maestro de producción basado en programación lineal entera para una empresa de productos químicos” publicado en la Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa de la Universidad Pablo de Olavide (España), detallan un modelo de programación para planificar la producción. En este caso entran en los costos para lograr la correcta planificación y así la disminución de los tiempos ociosos, logrando minimizar los costos, también usa flujos de caja para determinar el cambio de estos.

Se concluye en este artículo el beneficio económico y la reducción de los tiempos ociosos en un 13,7% y la próxima incorporación de un MRP.

### **Proyecciones**

- Evidenciar que el sistema de programación y control facilitará la distribución del proyecto, pensando que se logre capacitar al personal encargado para que la herramienta sea útil en un largo plazo, así mismo que crean en la mejora continua, intentando mejorar la distribución y buscando nuevos métodos con los cuales puedan complementar las herramientas propuestas.
- Nutrir a la empresa con nuevas técnicas, reemplazando lo antiguo, haciendo posible que la mejora continua se haga una meta que siempre va a seguir creciendo, puesto que nunca se debería dejar de mejorar.
- Analizar por qué la fábrica se atrasa con los proyectos que ya tiene programados, verificar sus causas y dar posibles soluciones, mediante herramientas de ingeniería industrial y estadísticas.
- Proponer el nuevo método de programación y control para los proyectos, dándole creatividad con estudios financieros y pronósticos de la utilización de la herramienta.
- Establecer cómo se implementará la herramienta, el periodo de tiempo y la capacitación necesaria para poner en marcha el proyecto, utilizando herramientas que permiten ver cronogramar.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

En este capítulo se muestran las explicaciones detalladas de las herramientas por utilizar para el proyecto en desarrollo, de forma que se pueda comprender de una manera sencilla por dónde va encaminado el proyecto de investigación. Se eligieron para el futuro progreso del trabajo, por lo tanto, van dirigidas específicamente a las herramientas detalladas a continuación. Este capítulo incluye herramientas para describir el problema, medir las consecuencias, analizar las causas, para la propuesta y para controlar la propuesta.

### Herramientas para Describir el Problema

Estas son utilizadas para detallar la problemática que se intentara solucionar con la propuesta de diseño, por lo tanto, son mecanismos para encontrar el problema.

#### **5W+2H**

Se define como “una metodología de análisis empresarial que consiste en contestar seis preguntas básicas: qué (WHAT), por qué (WHY), cuándo (WHEN), dónde (WHERE), quién (WHO) y cómo (HOW)” (Trías, González, Fajardo y Flores, s.f., p.22)

Trías, González, Fajardo y Flores (s.f.) explican las preguntas de la siguiente manera:

- What: ¿Qué se quiere mejorar?
- Why: ¿Por qué se quiere mejorar?
- When: ¿Cuándo se quiere mejorar?
- Where: ¿Dónde se va a mejorar?
- Who: ¿Quién lo va a mejorar?
- How: ¿Cómo lo van a mejorar?

#### **Análisis FODA**

Como especifica el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009) un análisis FODA: “es una herramienta analítica que permite trabajar con toda la información que se posea sobre una organización determinada. Se define las fortalezas, las debilidades, las oportunidades y las amenazas que se presentarán” (p.91).

El análisis FODA se puede explicar como una herramienta sencilla y de fácil comprensión, donde su principal función es evidenciar las oportunidades competitivas de mejora. Para una empresa es

muy importante analizar cada uno de los factores para planificar el crecimiento o la mejora de un proceso para posteriormente mejorar la empresa.

Esta herramienta tiene diferentes plantillas para realizarla, no obstante, es simplemente de forma estética ya que el contenido debería ser el mismo en todos los casos. Como se muestra en la Figura 1:

*Figura 1 Análisis FODA ejemplo*



Nota: HubSpot.

Para realizar un FODA de manera correcta se debe tener los conceptos, de una forma clara, para conocer qué agregar a cada espacio de la herramienta.

Fortalezas son “aquellas características o aspectos internos de la situación problemática que facilitan o favorecen el logro de los objetivos” (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2009, p. 91).

Oportunidades, entiéndanse como “aquellos aspectos del entorno externo de la situación que pueden favorecer el logro de los objetivos o iniciar nuevos emprendimientos” (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2009, p.91).

Debilidades, se comprende como “aquellas características propias de la situación que constituyen obstáculos internos al logro de los objetivos” (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2009, p.92).

Por último, las amenazas, son “aquellos aspectos que se presentan en el entorno de la situación problemática que pueden afectar negativamente las posibilidades de logro de los objetivos” (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, 2009, p.92).

El mismo Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009) divide el análisis FODA en dos partes, la interna y externa, siendo la parte interna los aspectos en los cuales se tiene control y la externa en los que no se puede tener control, las oportunidades hay que aprovecharlas y las amenazas tratar de disminuir su impacto (p.92).

Para formular esta herramienta, pero de forma más numérica, es importante seguir una serie de pasos de acuerdo con Ramírez (s.f.), los cuales se recomiendan para llevar un orden, comenzando con la identificación de los criterios de análisis para determinar hacia dónde ha de dirigirse la herramienta, después de identificarlos se determinan las condiciones con las variables internas y externas, se asigna una ponderación a cada segmento para saber numéricamente la importancia de cada parte. Por último, se calculan los resultados y se hacen gráficos.

La asignación de la ponderación se puede apreciar en la Figura 2:

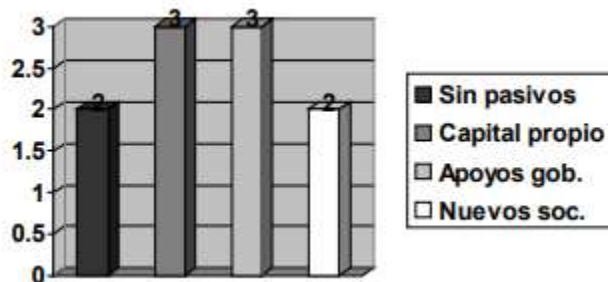
**Figura 2 FODA con ponderaciones**

Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas	Total
Capital propio (3)	Falta de crédito (3)	Conseguir socios (2)	Falta de liquidez(3)	11
Sin pasivos (2)	Sin reinversión (3)	Apoyos de gob. (3)	Altas tasas de interés (2)	10
Total = 5 (24%)	Total = 6 (28%)	Total = 5 (24%)	Total = 5 (24%)	Total = 21 100%

Nota: Ciencia Administrativa 2009-2.

Según los pasos, posterior a asignar la ponderación se pasa a armar los gráficos, para saber la importancia de cada variable. Como se demuestra en la Figura 3:

**Figura 3 Gráfico de FODA**



Nota: Ciencia Administrativa 2009-2.

Gracias a estos gráficos, el análisis FODA se puede realizar más numérico para el entendimiento del problema.

### **Cuadro estadístico**

Un cuadro estadístico se define, según Ramírez, Rojas y García (2013), como

Un arreglo sistemático y ordenado de datos numéricos que son presentados por medio de una tabla, formada por columnas y filas, según ciertos criterios y donde se destacan los aspectos principales de los datos para facilitar la descripción, lectura e interpretación de los hechos estudiados. (p.15)

De acuerdo con Ramírez, Rojas y García (2013), los objetivos que pueden seguir un cuadro estadístico se encuentran entre resumir y ordenar los datos, facilitar la lectura y comparación, ayudar a la interpretación y resaltar las conclusiones.

Para elaborar un cuadro, Ramírez, Rojas y García (2013) comentan que se deben valorar los siguientes aspectos:

- Establecer el propósito que tendrá el cuadro: la manera más sencilla y directa de definirlo es a través de la formulación de una o más preguntas que se intenten responder mediante dicho resumen
- Analizar la estructura del cuadro, de manera que facilite la lectura, la comprensión e interpretación de las cifras o datos
- El diseño del cuadro debe ser sencillo, debe atraer la atención sobre las cifras y no sobre la configuración o formato

- Redactar el título del cuadro de manera clara, a partir de la organización que se dio a los datos, pues en el título se establece la distribución de los datos en las filas y en las columnas. (p.16)

Un ejemplo de cuadro estadístico se observa en la Figura 4:

**Figura 4 Ejemplo de cuadro estadístico**

Número **Cuadro 2** Título  
**COSTA RICA: Tasa neta de participación, y de desempleo, según sexo, 2009-2011**

(en porcentajes) Nota preliminar

Encabezado

Tasas	2009	2010	2011
Tasa neta de participación <sup>1/</sup>	60,4	59,1	60,7
Hombres	77,2	75,9	76,8
Mujeres	44,5	43,5	45,7
Tasa de desempleo abierto <sup>2/</sup>	8,4	7,3	7,7
Hombres	6,9	6,0	6,0
Mujeres	10,8	9,5	10,3

Columna matriz

Celda

Llamadas

Fuente

<sup>1/</sup> Es el porcentaje de la fuerza de trabajo con respecto a la población de 15 años o más.  
<sup>2/</sup> Es el porcentaje de la población desocupada con respecto a la fuerza de trabajo.  
Fuente: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Dirección General de Planificación del Trabajo, Observatorio del Mercado Laboral, con base en la Encuesta Nacional de Hogares del Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2009-2011 (a julio de cada año).

Nota: Anuario Estadístico 2011 del MTSS.

## Histograma de frecuencia

Según Behar y Grima (2013), histograma se define “como rectángulos que tienen como base el intervalo de clase y su área proporcional (o igual) a la frecuencia relativa” (p.230).

También hace referencia a la palabra empírica que “se asocia con muestral, y la densidad de probabilidad como su análogo poblacional” (Behar y Grima, 2013, p.230).

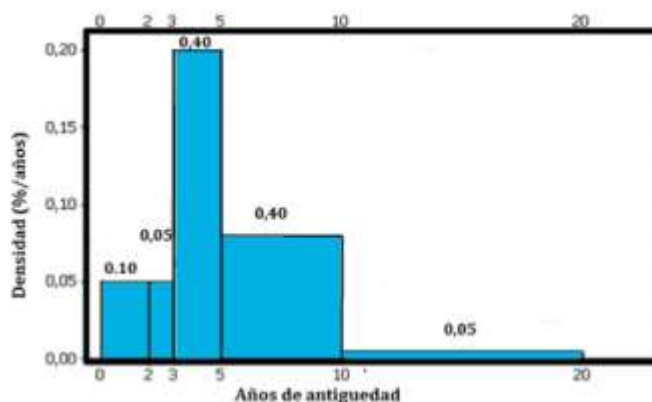
Para la construcción de un histograma es necesario, de acuerdo con Behar y Grima (2013), calcular los intervalos y las frecuencias de cada intervalo, dando una tabla como se muestra en la Figura 5.

**Figura 5 Intervalos y frecuencias**

i	Intervalo (Años de Antigüedad)	Frecuencia Relativa % ( $f_i$ )
1	(0-2]	10
2	(2-3]	5
3	(3-5]	40
4	(5-10]	40
5	(10-20]	5
Total		100

Nota: Revista Probabilidad Condicionada.

Un ejemplo de histograma, basado en la figura anterior, se muestra en la **Figura 6**.

**Figura 6 Ejemplo de histograma**

Nota: Revista Probabilidad Condicionada.

### Estudio de tiempos

Como comentan Tejada, Gisbert y Ana (2017), el estudio de tiempo es una herramienta, “la cual sirve para determinar los tiempos estándar de cada una de las operaciones que componen cualquier proceso, así como para analizar los movimientos que son realizados por parte de un operario para llevar a cabo dicha operación” (p.41).

Los objetivos se dividen en este modo, según Tejada, Gisbert y Ana (2017):

- “Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos.
- Conservar los recursos y minimizar los costos.
- Proporcionar un producto que sea cada vez más confiable y de alta calidad.

- Eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes (p.41.)”.

Este estudio también se puede utilizar para analizar los tiempos que dura cada actividad, logrando un promedio por actividad y poder trabajar con este.

Según Hodson (2001) es importante que el trabajador sea calificado y trabajar a velocidad y desempeño normal una tarea conforme a un método específico, con la finalidad de llegar a medir los tiempos lo más real posible, sin apresuraciones ni modificaciones en los procesos.

Así mismo, para evitar las distracciones e incomodidades, Niebel y Frievalds (2009) determinan que la posición del observador debe ser de pie, detrás del operario, de forma que no lo tome como distracción, la razón por la que es de pie, hace énfasis en la comodidad de la reacción y seguimiento del operario, también mencionan que el observador no debe hablarle al operario, puesto que esto modificaría el proceso. (p.334)

Existen dos tipos de estudio de tiempos, los autores Niebel y Frievalds (2009) concluyen que son:

El método de tiempos continuos, como su nombre lo implica, permite que el cronómetro trabaje durante todo el estudio. En este método, el analista lee el reloj en el punto de quiebre de cada elemento y se deja que el tiempo siga corriendo. En la técnica con regreso a cero, después de leer el cronómetro en el punto de quiebre de cada elemento, el tiempo del reloj se regresa a cero (p.335)

### **Herramientas para Medir las Consecuencias**

Herramientas utilizadas para medir el impacto del problema que presenta la empresa con su mala organización de proyectos, se utilizan herramientas propias de la ingeniería industrial.

#### **AMFE**

La metodología AMFE, de acuerdo con Consuegra (2015), “es entendida como una técnica y alternativa para la gestión de riesgos que permite ser dirigida al análisis de identificación, evaluación y prevención de posibles fallos que permiten disminuir los riesgos” (p.39).

Existen diferentes variantes del AMFE, no obstante, Aguilar, Torres y Magaña (2010) definen las siguientes actividades:



En la figura anterior Consuegra (2015) realiza la plantilla y otorga valores numéricos para analizar la falla y su efecto, para posteriormente jerarquizarlo y ver el impacto y la importancia que se le debe brindar a la falla.

### Pronósticos

Entiéndase pronóstico, según Mendoza (s.f.), como una afirmación sobre un evento cuya ocurrencia no es segura, también comentando que los pronósticos se producen con énfasis sobre eventos que podrían ocurrir a futuro (p.4).

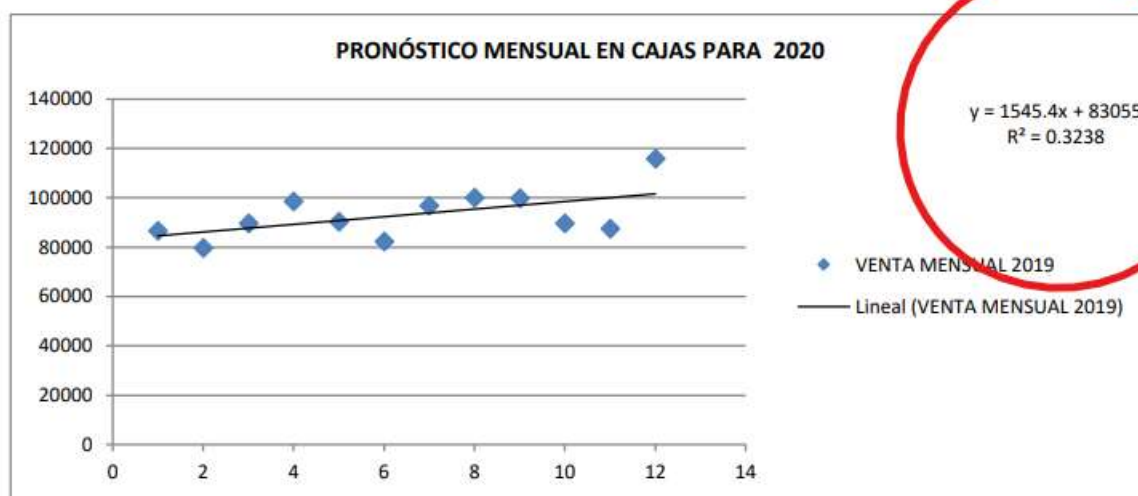
Así mismo, como comenta Mendoza (s.f.), producir los pronósticos es fácil, lo difícil es que los pronósticos acierten seguido y que acierten siempre es imposible (p.6).

Existen distintos tipos de pronósticos, pero los que se utilizarán en el proyecto son los siguientes:

- Regresión Lineal Simple, “es un modelo óptimo para patrones de demanda con tendencia (creciente o decreciente), es decir, patrones que presenten una relación de linealidad entre la demanda y el tiempo” (Benítez, 2020, p. 3).

Según Benítez (2020) se plantean una serie de pasos, el primero es recopilar los datos históricos para proceder con la segunda etapa, que es formular el gráfico de dispersión con los datos históricos, obteniendo así una ecuación, como se puede apreciar en la Figura 8.

**Figura 8 Gráfico de dispersión RLS**



Nota: Conalog.mx.

Por último, Benítez (2020) dice que la etapa final es elaborar el pronóstico a partir de la línea de tendencia vista en la Figura 8, dando como resultado el ejemplo de la Figura 9:

**Figura 9 Pronóstico RLS**

PERIODO	VENTA MENSUAL EN CAJAS 2019	PRONÓSTICO DE VENTAS EN CAJAS 2020	PRUEBA DE ERROR
			$e_t = X_t - \hat{X}_t$
1	86587	84600.40	1986.60
2	79765	86145.80	-6380.80
3	89763	87691.20	2071.80
4	98547	89236.60	9310.40
5	90342	90782.00	-440.00
6	82365	92327.40	-9962.40
7	96786	93872.80	2913.20
8	99987	95418.20	4568.80
9	99958	96963.60	2994.40
10	89752	98509.00	-8757.00
11	87456	100054.40	-12598.40
12	115899	101599.80	14299.20

Nota: Conalog.mx.

### **Herramientas para Analizar las Causas**

Se utilizan las herramientas que pueden descifrar cuáles son las causas del problema, ya que en esta parte es importante conocer las causas y analizarlas, para combatirlos y buscarles solución.

#### **5 por qué**

Es una herramienta que actúa por medio de preguntas y sirve para llegar a analizar el problema, descubrir la causa raíz de lo que está provocando el problema en la empresa.

Según el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009), esta herramienta es de gran ayuda cuando se está estructurando la información y se complementa con otras herramientas (p.101).

En el artículo de los autores Arango y Ángel (2012), hacen referencia a que la herramienta, en conjunto con otras del mismo enfoque, sirve para encontrar las causas raíces de los problemas detectados y así mismo le dan ponderación a dichas causas, para saber cuál es más fácil de atacar primero (p. 13).

Para realizar los 5 por qué, no hay una guía, son preguntas, una tras otra, hasta dar un con la principal incógnita. Por lo tanto, se sigue una secuencia, por ejemplo, en una situación de un producto

- ¿Por qué dura menos? Porque es más barato.
- ¿Por qué es más barato? Por la calidad que es baja.
- ¿Por qué la calidad es baja? Porque el producto no se vende.

Y así consecutivamente, se sigue preguntando hasta encontrar la verdadera problemática.

### **Diagrama causa-efecto**

Este diagrama es muy conocido en el mundo de la ingeniería debido a que se utiliza para poder conocer las causas de un problema y así mismo el efecto que está causando el problema. De acuerdo con Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009) “El diagrama de Ishikawa es un método gráfico que se usa para efectuar un diagnóstico de las posibles causas que provocan ciertos efectos, los cuales pueden ser controlables” (p.22).

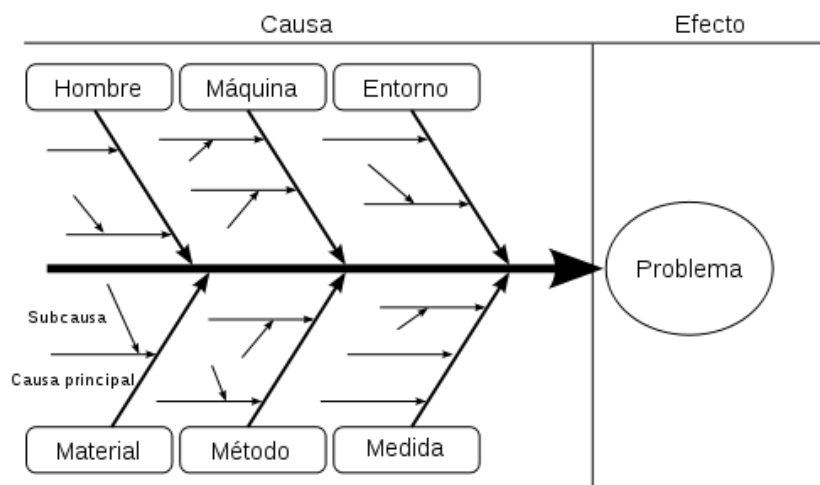
De acuerdo con el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009), el diagrama de Ishikawa se utiliza para:

- “analizar la causa-efecto
- comunicar las relaciones causas-efecto y
- facilitar la resolución de problemas desde el síntoma, pasando por la causa hasta la solución” (p. 22).

Así mismo, el Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (2009) define una serie de pasos para la correcta elaboración de un diagrama de Ishikawa, comenzando por decidir el efecto, como segundo paso se tiene que identificar los principales factores relacionados con el efecto, seguidamente se detallan los factores secundarios y por último, se rellena con todas las causas (p.23).

En la Figura 10 se puede apreciar la estructura que debería tener un diagrama de Ishikawa en condiciones.

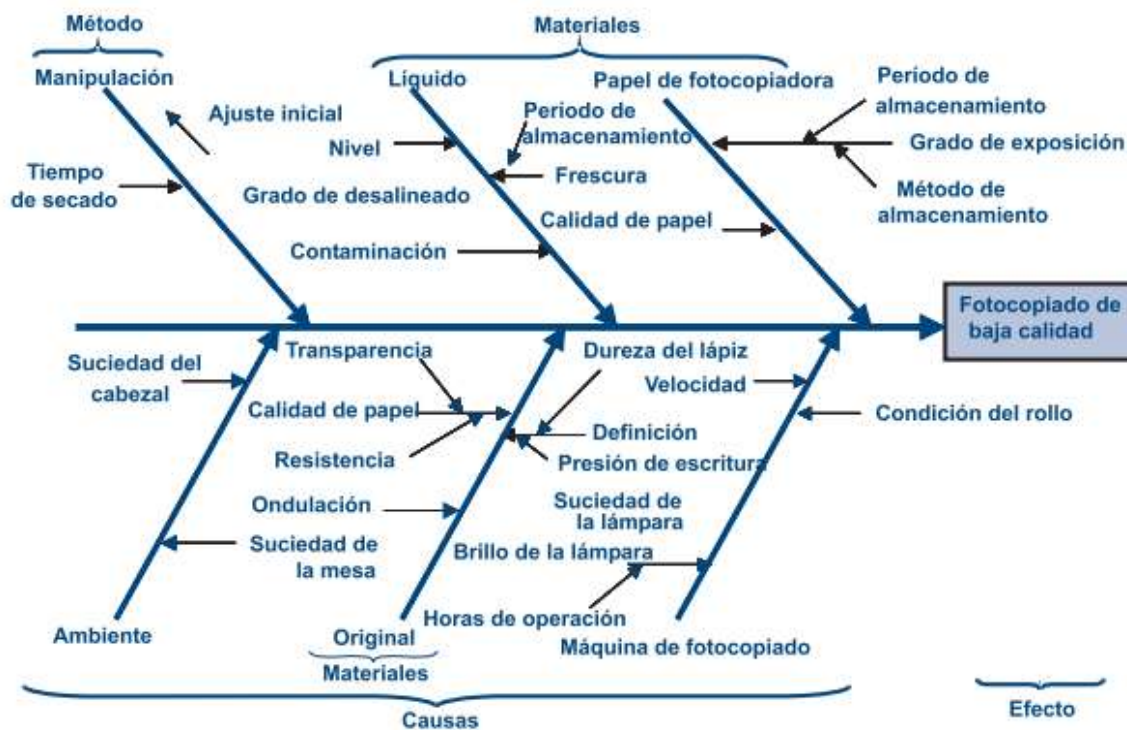
*Figura 10 Estructura de Diagrama de Ishikawa*



Nota: Progressa Lean.

Y un ejemplo de cómo se debería ver un diagrama de Ishikawa ya finalizado, con todos sus pasos, se muestra en la Figura 11.

*Figura 11 Ejemplo de Diagrama de Ishikawa*



Nota: Instituto Uruguayo de Normas Técnicas.

## Herramientas para el Diseño o Propuesta

En esta parte se describirán las herramientas que se pondrán en uso en el transcurso del trabajo, para intentar dar una solución viable a la problemática.

### Matriz de priorización de proyectos

La matriz de priorización, según Medina, Ortiz, Franco y Carolina (2010), “es una herramienta que permite orientar la priorización en la toma de decisiones en aquellos temas estratégicos” (p.8).

De acuerdo con Medina, Ortiz, Franco y Carolina (2010), “Cada caso a jerarquizar es particular, pero a través de la práctica continuada de la aplicación de la matriz podrá encontrarse una tipología de situaciones y casos que facilitarán la calificación de los expertos y grupos involucrados” (p.9).

Los criterios son relativos dependiendo el proyecto, como se muestra en la Figura 12, se ven los criterios que seleccionaron para un proyecto.

*Figura 12 Ejemplo de matriz de priorización*

Variables: Posibles Programas de Formación	Intensidad tecnológica	Valor Agregado	Capacidades institucionales	Documentos de Política pública	Socios estratégicos	Ponderación Total
Diseño en 3D	Excelente	Bueno	Regular	Bueno	Insuficiente	75%
Diseño de autopartes	Excelente	Insuficiente	Insuficiente	Regular	Bueno	63%
BPO	Bueno	Excelente	Inexistente	Bueno	Insuficiente	55%
Energía mareomotriz	Regular	Regular	Insuficiente	Inexistente	Excelente	43%
Manejo de residuos sólidos	Insuficiente	Insuficiente	Bueno	Excelente	Insuficiente	40%
Diseño de paquetes turísticos	Excelente	Excelente	Regular	Inexistente	Insuficiente	31%
Procesamiento de frutales silvestres	Insuficiente	Bueno	Insuficiente	Excelente	Bueno	24%
Arquitectura en guadua	Bueno	Insuficiente	Bueno	Excelente	Bueno	17%

Nota: elaboración propia.

En la matriz se selecciona de acuerdo con el criterio propio de cada uno de los capacitados.

### Método PERT

Al método PERT le han brindado muchas descripciones, pero la principal, según Blanco (s.f.) es:

Un instrumento para definir y coordinar lo que debe hacerse en orden a alcanzar los objetivos fijados en el tiempo previsto. Utiliza la representación gráfica mediante la red o diagrama de flechas que da una visión sensible y global del proyecto, mostrando la secuencia e interrelación de todas las actividades. (p.44)

El diagrama PERT debe seguir unos ciertos principios para su construcción, de acuerdo con Blanco (s.f.), estos son los puntos por seguir:

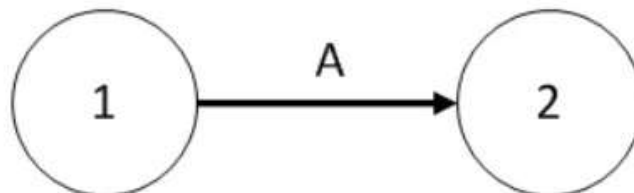
- Las etapas deben sucederse en una secuencialidad lógica, ya que unas dependen de otras
- Las actividades representan el tiempo y el trabajo necesario para alcanzar una etapa
- Toda actividad se encuentra entre dos etapas
- Ninguna etapa puede considerarse alcanzada hasta que no se hayan cumplido todas las actividades que la preceden y convergen en ella
- Ninguna actividad debe iniciarse antes de que sea franqueada la etapa que le precede y que marca el comienzo de esta. (p.46)

Para facilitar el orden secuencial, Blanco (s.f.) plantea una serie de preguntas,

- “¿Qué etapa debe preceder a ésta?”
- ¿Qué etapa debe seguir a ésta?
- ¿Qué etapa puede realizarse paralelamente a ésta?” (p.46)

Cuando se habla de secuencia, se entiende como la Figura 13.

***Figura 13 Secuencia PERT***



Nota: Ingeniería industrial online.

Según menciona otro investigador, Terrazas (2011), durante el desarrollo del diagrama

... podemos necesitar del concurso de ciertas actividades llamadas “ficticias y/o fantasmas”. Este tipo de actividades se usan de manera auxiliar para conexiones complejas y se representan por un trazo punteado con la característica de que tienen un tiempo y un consumo de cero. (p.15)

Después de estos pasos, se pasa a la siguiente etapa, Blanco (s.f.) menciona que una persona con experiencia debe otorgar unos ciertos tiempos a cada actividad de la secuencia, un tiempo optimista (representado por la letra a), el tiempo mas probable (representado por la letra m) y el tiempo pesimista (representado por la letra b), para poder trabajar con tres escenarios (p.48).

Un ejemplo de tiempos obtenidos, se puede apreciar en la Figura 14.

**Figura 14 Ejemplo de tiempos PERT**

Actividad	Precedentes inmediatos	Optimistas (a)	Mas probable (m)	Pesimista (b)	Tiempo estimado
A		4	8	10	8
B	A	2	8	24	10
C	A	8	12	16	12
D	A	4	6	10	6
E	B	1	2	3	2
F	E,C	6	8	20	10
G	E,C	2	3	4	3
H	F	2	2	2	2
I	F	6	6	6	6
J	D,G,H	4	6	12	7
K	I,J	2	2	3	2

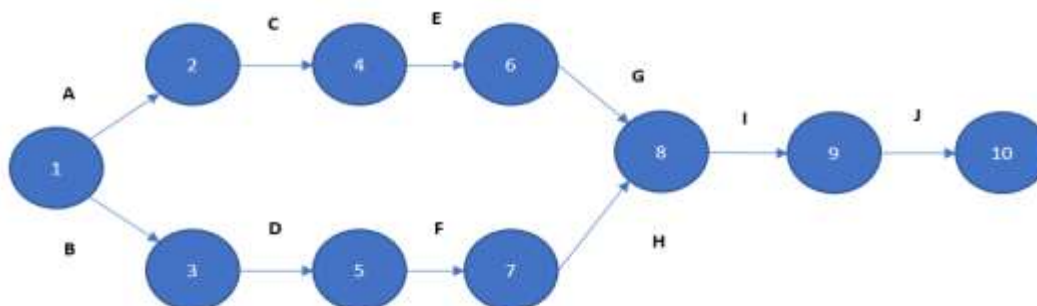
Nota: Google imágenes.

Seguido de tener los tiempos de las actividades se procede a calcular la holgura, que depende de su signo, menciona Blanco (s.f.) que una holgura positiva es un adelanto de la programación, holgura negativa indica un retraso en el programa, mientras que una holgura de 0 indica un programa ajustado.

Por último, se calcula la ruta crítica, de acuerdo con Blanco (s.f.), una ruta crítica es la “que totaliza la mínima holgura. Las actividades de ese camino no tienen holgura para empezar ni para terminar” (p.50).

Un método PERT en condiciones, primeramente, tiene que verse parecido al ejemplo de la Figura 15.

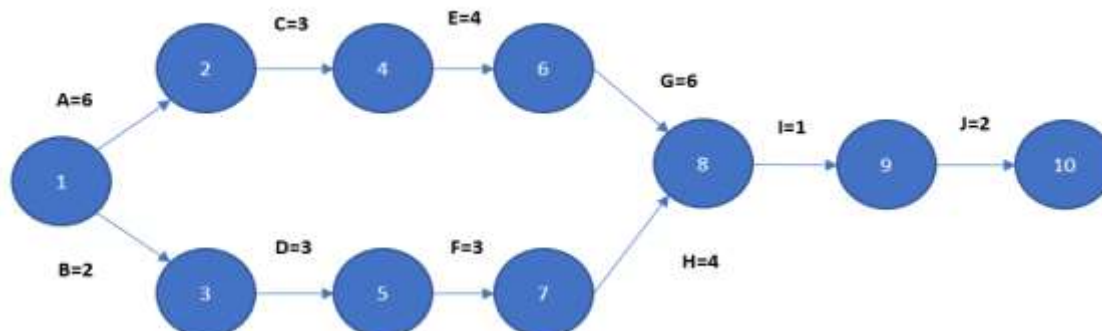
**Figura 15 Método PERT primera demostración**



Nota: Elaboración propia.

Después se añaden los tiempos para entenderse mejor, como en la Figura 16 que sirve de ejemplo.

**Figura 16 Método PERT segunda demostración**



Nota: Elaboración propia.

La fórmula para calcular el tiempo estimado, según determina Blanco (s.f.), es la representada en la Figura 17:

**Figura 17 Fórmula Tiempo Estimado**

$$\frac{\text{Tiempo mínimo de la actividad} + (4 * \text{Tiempo máximo de la actividad}) + \text{Tiempo más probable de la actividad}}{6}$$

Nota: Google Imágenes.

### Programación basada en la razón crítica

De acuerdo con los escritores Heizer y Barry (2009), se define la razón crítica como “Regla de secuenciación que consiste en un índice numérico calculado al dividir el tiempo que falta para la fecha de entrega entre el tiempo de trabajo que resta” (p.615).

También especifican que “a diferencia de las reglas de prioridad, la razón crítica es dinámica y fácil de actualizar. Tiende a arrojar mejores resultados que las PEPS, TPC, FEP y TPL en el criterio del retraso promedio del trabajo” (Heizer y Barry, 2009, p. 615).

Por ende, los autores Heizer y Barry (2009) dicen cómo interpretar la programación basada en la razón crítica:

Un trabajo con una razón crítica baja (menor que 1.0) está atrasado con respecto al programa. Si la RC es exactamente de 1.0, el trabajo está a tiempo. Una RC superior a 1.0 significa que el trabajo va adelantado y que tiene cierta holgura. (p.615)

Un ejemplo de tabla, que se tiene que hacer para ejecutar la razón crítica, se encuentra en la Figura 18.

*Figura 18 Ejemplo de RC*

Trabajo	Razón crítica	Orden de prioridad
A	$(30 - 25)/4 = 1.25$	3
B	$(28 - 25)/5 = .60$	1
C	$(27 - 25)/2 = 1.00$	2

Nota: Principios de Administración de Operaciones.

La razón crítica puede ayudar en los siguientes puntos, de acuerdo con Heizer y Barry (2009):

- Determinar la situación de un trabajo específico
- Establecer la prioridad relativa de los trabajos partiendo de una base común
- Relacionar en una base común los trabajos que pueden cubrirse con el inventario y los que se hacen sobre pedido
- Ajustar automáticamente las prioridades (y revisar los programas) según los cambios en la demanda y el avance de los trabajos
- Dar seguimiento dinámico al avance de los trabajos. (p.616)

## **Herramientas para el Control de la Propuesta**

Herramientas que se usarán a un futuro, ya estando implementada la propuesta o mediante pronósticos, así para poder llevar un control.

### **Diagrama de Gantt**

Como comenta Terrazas (2011) los diagramas de Gantt:

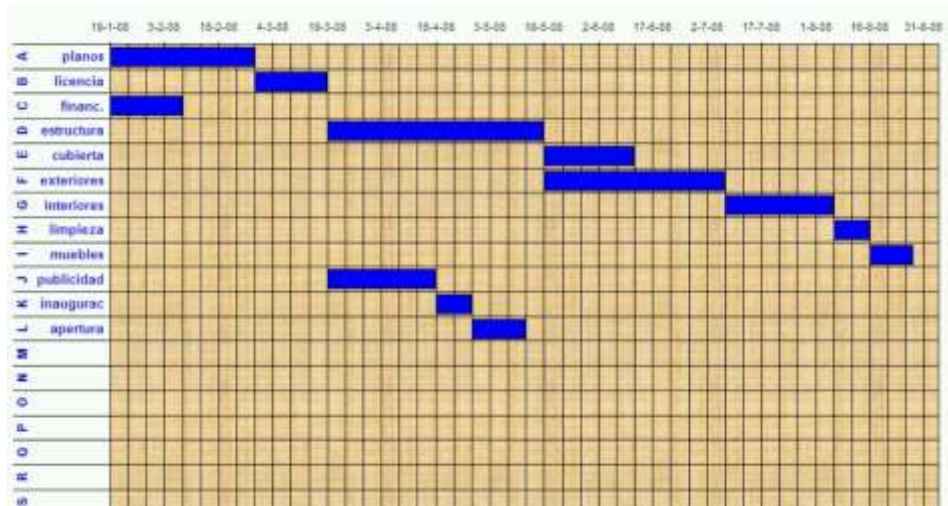
Son un sistema gráfico que se ejecuta en dos dimensiones; en el eje de abscisas se coloca el tiempo y en el eje de ordenadas se colocan las actividades a desarrollar. Este diagrama es muy útil para mostrar la secuencia de ejecución de operaciones de todo un paquete de trabajo y tiene la virtud de que puede utilizarse tanto como una herramienta de planificación, así como una herramienta de seguimiento y control (p.10).

El escritor Terrazas (2011) dice que los diagramas de Gantt:

Pueden ser utilizados muy apropiadamente en la planificación de la ejecución de actividades previas para el desarrollo de proyectos. En este sentido, se debe hacer, primero, una lista de todas las actividades a considerar para el proyecto; calcular los tiempos de ejecución y secuencia, luego estimar los costos asociados y los tiempos totales hasta la puesta en marcha. Todas estas actividades se plantean en un calendario o cronograma de ejecución usando los diagramas de barras. (p.11)

Para realizar el diagrama de Gantt existen muchas plantillas, la mayoría cumplen con lo prometido, un diagrama de Gantt se realiza igualando las fechas programadas o cumplidas para trazar el proyecto o actividad en el diagrama, como se muestra en la Figura 19.

*Figura 19 Diagrama de Gantt*



Nota: Google Imágenes.

## CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se expondrán las acciones para el proceso de desarrollo del trabajo, analizando las decisiones y acciones teórico-metodológicas del proceso investigativo, aquí se detallan los métodos por utilizar para analizar la problemática, los enfoques que tendrá el trabajo, el alcance, diseño, variables, muestra, instrumentos, la forma de recolección de datos y cómo se analizarán los datos recolectados y, por último, un cronograma que especifique los procesos del proyecto.

### **Enfoque**

A continuación, se definirán los enfoques de los trabajos de investigación y posteriormente, el elegido.

#### **Enfoque cuantitativo**

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista, (2014) el enfoque cuantitativo, “Utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p.4).

#### **Enfoque cualitativo**

Según explican Hernández, Fernández y Baptista (2014), el enfoque cualitativo “Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (p.7).

#### **Enfoque mixto**

De acuerdo con Hernández, Fernández, y Baptista (2014), el enfoque mixto, es aquel donde se relaciona el cuantitativo y el cualitativo, ambos se combinan en el proyecto de investigación, por lo tanto son proyectos de investigación donde se maneja por completo los dos enfoques (p.26).

#### **Enfoque elegido**

Según las definiciones presentadas, el enfoque elegido para este proyecto es el cuantitativo, debido a que el trabajo posee las siguientes características:

- Se va a tener que fundamentar en temas de medición
- Quiere pronosticar los fenómenos buscando similitudes en los elementos seleccionados
- Utiliza estadística, mide los fenómenos

- Se recolectan datos numéricos para el desarrollo
- Es un proyecto objetivo, los datos solo buscan realidades.

### **Alcance**

Seguidamente se dará una breve explicación de los distintos tipos de alcance y el seleccionado para la investigación.

#### **Alcance exploratorio**

Como comentan Hernández, Fernández y Baptista (2014) ,los estudios exploratorios “se realizan cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes” (p.91).

#### **Alcance descriptivo**

El alcance descriptivo, según los escritores Hernández, Fernández y Baptista (2014), “busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” (p.92), en pocas palabras solo reúne información a la que se refiere en el estudio.

#### **Alcance correlacional**

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), “Este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular” (p.93).

#### **Alcance explicativo**

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), “están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables” (p.95).

#### **Alcance seleccionado**

Según lo necesitado para el proyecto se selecciona el alcance explicativo, puesto que se busca la explicación de los retrasos en la organización de los proyectos y también porque se utilizarán distintas teorías para ver varios escenarios.

## **Diseño**

Seguidamente se definirán los diseños de los trabajos de investigación y también se detallará qué diseño se eligió y por qué.

### **Diseño experimental**

Entiéndase diseño experimental, según Hernández, Fernández y Baptista (2014), como un diseño que se selecciona cuando el investigador quiere establecer el posible efecto de una causa manipulable.

### **Diseño no experimental**

Como comentan Hernández, Fernández, y Baptista (2014), este diseño es “como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables.” (p.152)

Este diseño no experimental se divide en dos tipos, los cuales están a continuación:

#### ***Transversal.***

Hernández, Fernández y Baptista (2014), citando a Liu (2008), mencionan que estos diseños son investigaciones que recopilan datos en un momento único.

#### ***Longitudinal.***

Por otra parte, existen los diseños longitudinales o de tendencia, por lo que dicen Hernández, Fernández y Baptista (2014), este diseño analiza los cambios a través del tiempo.

### **Diseño elegido**

Después de una ardua investigación sobre cuál es el diseño del trabajo, se llega a la conclusión de que es no experimental de origen transversal, el cual se basa en describir las variables en un momento dado, ya que los datos se recopilarán en el momento, nada es a través del tiempo.

## **Variables**

A continuación, se muestra la Tabla 1, con la finalidad de plantear las variables correspondientes.

*Tabla 1 Variables*

<b>Objetivo</b>	<b>Variable</b>	<b>Conceptual</b>	<b>Operacional</b>	<b>Instrumental</b>
Describir el problema con los tiempos de entrega	Tiempo de entrega	Entiendase tiempo de entrega “como el retraso entre el inicio y la finalización de un proceso” (Vermorel, 2020).	Tiempo de duración esperado/ Tiempo de duración real	Hoja de recolección de dato  Cronómetro
Medir el nivel de retrasos	Retrasos	Se comprende “como una demora en el cumplimiento de una obligación” (Trujillo, s.f.).	Proyectos retrasados/ proyectos totales	Hoja de recolección de datos  Datos históricos
Analizar la causa que genera los retrasos	Proyectos	Se entiende proyectos “como un conjunto de actividades a realizar para producir un servicio o bienes” (Padid, 2014)	Proyectos esperados / Proyectos obtenidos	Hoja de recolección de datos  Datos históricos  Pronósticos
Diseñar el método de programación y control	Orden de los proyectos	Se tiene como concepto que “organizar los proyectos es acomodarlos de forma beneficiosa para la empresa para tener una buena iniciativa” (Retos en Supply Chain, 2021).	Proyectos esperados con la programación basada en la razón crítica / proyectos obtenidos reales	Pronósticos  Herramienta de ingeniería industrial

Objetivo	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Establecer los mecanismos e indicadores	Indicadores de control	Es una característica específica, observable y medible (ONU mujeres, 2010).	Tiempo de mejora en los procesos/ tiempo anterior de los procesos	Hoja de recolección de datos Datos históricos

Nota: Elaboración propia.

### Muestra de la investigación

La Tabla 2 que se aprecia continuación, define la muestra por utilizar.

*Tabla 2 Muestra*

Indicador	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
Porcentaje de efectividad en tiempos	Probabilística, estratificada	Tiempo	$n = \frac{1600 * [n' \sum x^2 - (\sum x)^2]}{(\sum x)^2}$
Porcentaje de proyectos retrasados	Probabilística, conglomerado	Proyectos retrasados	Poblacional
Porcentajes de proyectos que se esperaban	Probabilística, estratificada	Proyectos esperados	Poblacional
Porcentaje de proyectos esperados con la propuesta	Probabilística, conglomerada	Proyectos esperados con la propuesta	$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * N * \sigma^2}{Z_{\alpha}^2 * \sigma^2 + NE^2}$
Porcentaje de mejora después de implementación	Probabilística, aleatorio sistemático	Tiempos mejorados	$n = \frac{1600 * [n' \sum x^2 - (\sum x)^2]}{(\sum x)^2}$

Nota: Elaboración propia.

### Instrumentos

La Tabla 3 detalla los instrumentos y los recursos requeridos para lograr la obtención de la información necesaria.

**Tabla 3 Instrumentos**

<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Recursos requeridos</b>
Porcentaje de efectividad en tiempos	Hoja de recolección	Cronómetro
Porcentaje de proyectos retrasados	Hoja de recolección, datos históricos	-----
Porcentajes de proyectos que se esperaban	Hoja de recolección	-----
Porcentaje de proyectos esperados con la propuesta	Pronósticos y hoja de recolección, datos históricos	Computadora y herramientas de ingeniería industrial
Porcentaje de mejora después de implementación	Gráficos de Gantt, Informes, hoja de recolección	Computadora, cronómetro

Nota: Elaboración propia.

### Proceso para la recolección de datos

A continuación, en la siguiente Tabla 4, se detallará la forma de recolección de datos, así como los beneficios esperados.

**Tabla 4 Recolección de datos**

<b>Indicador</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Método de recolección de los datos</b>	<b>Beneficios esperados</b>
Porcentaje de efectividad en tiempos	Reportes semanales	Entrevista y revisión de registros, se plantean las preguntas puntuales para encontrar lo necesario	Conocer el tiempo que están durando por proyectos

Indicador	Fuente de los datos	Método de recolección de los datos	Beneficios esperados
		Se irá con las preguntas donde el encargado, para poder analizar los registros semanales	
Porcentaje de proyectos retrasados	Información de los gerentes	<p><i>Focus group</i>, reunión con varias personas, se solicitará a información de retrasos</p> <p>Se solicitará una reunión con los que manejan la información de los proyectos, para determinar cuántos proyectos están retrasados</p>	Saber cuántos proyectos se están retrasando en distintos meses
Porcentajes de proyectos que se esperaban	Reportes mensuales	<p>Revisión de registros, se analizará los registros para conocer los pedidos de ese momento</p> <p>Pidiendo los reportes mensuales del estatus de los proyectos, revisándolos y determinando lo requerido</p>	Analizar los pronósticos que tenían y la diferencia entre los proyectos reales
Porcentaje de proyectos esperados con la propuesta	Resultados de la herramienta	<p>Observación, se verá el desarrollo de la herramienta implementada</p> <p>En la planta, después de la herramienta estar en marcha, se observará si</p>	Que la herramienta tenga la mayor cercanía con la realidad.

<b>Indicador</b>	<b>Fuente de los datos</b>	<b>Método de recolección de los datos</b>	<b>Beneficios esperados</b>
		los encargados la dominan y se harán reportes semanales, para ver la efectividad que ha logrado obtener la empresa	
Porcentaje de mejora después de implementación	Reportes mensuales	Revisión de registros, se analizará los documentos después de la implementación  Con los reportes mensuales, después de un tiempo de implementado, se comparará con los reportes anteriores, para notar el impacto, positivo o negativo, que ha tenido la implementación.	Adquirir el conocimiento del cambio que hubo después de su implementación

Nota: Elaboración propia.

### **Método de Análisis**

En la Tabla 5 se muestra el método de análisis propuesto para el proyecto.

***Tabla 5 Método de análisis***

<b>Indicador</b>	<b>Análisis por realizar</b>	<b>Programa</b>	<b>Uso</b>
Porcentaje de efectividad en tiempos	Estudio de tiempos	Excel	Para analizar cuánto tiempo están durando en los proyectos semanales

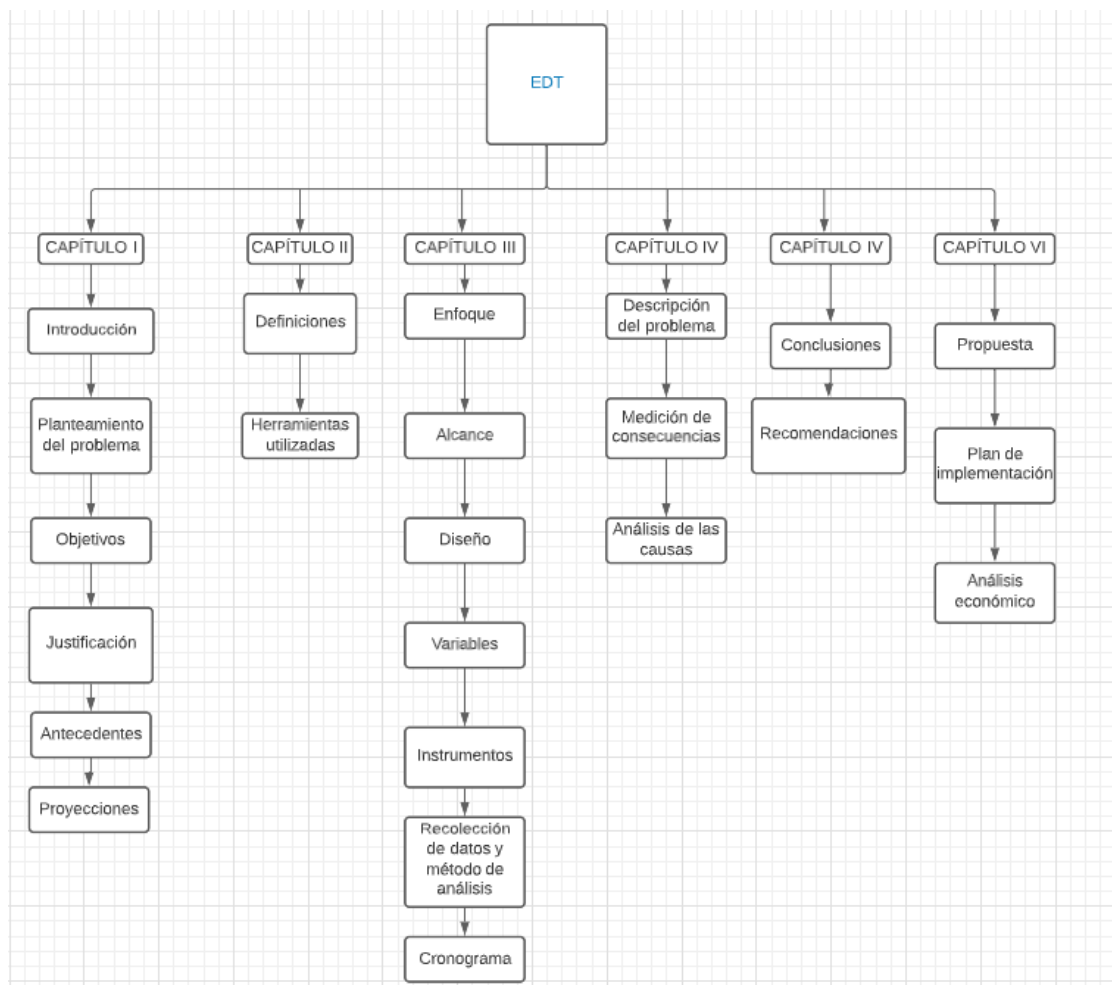
<b>Indicador</b>	<b>Análisis por realizar</b>	<b>Programa</b>	<b>Uso</b>
Porcentaje de proyectos retrasados	Diagrama de Pareto	Excel	Para saber cuáles son los proyectos que demuestran más importancia y analizar el estudio, para determinar qué prioridad se les debe dar
Porcentajes de proyectos que se esperaban	Pronósticos	Excel	Sacar los proyectos que se esperan a futuro
Porcentaje de proyectos esperados con la propuesta	Pronósticos Programación basada en la razón crítica	Excel	Organizar los proyectos de forma que los retrasos sean los mínimos y después pronosticar basado en esos datos
Porcentaje de mejora después de implementación	Diagrama de Gantt	Excel	Para demostrar si los proyectos se están cumpliendo en los tiempos proyectados

Nota: Elaboración propia.

### **Cronograma**

En la Figura 20 se demuestra el EDT que desglosará el trabajo, para mayor entendimiento.

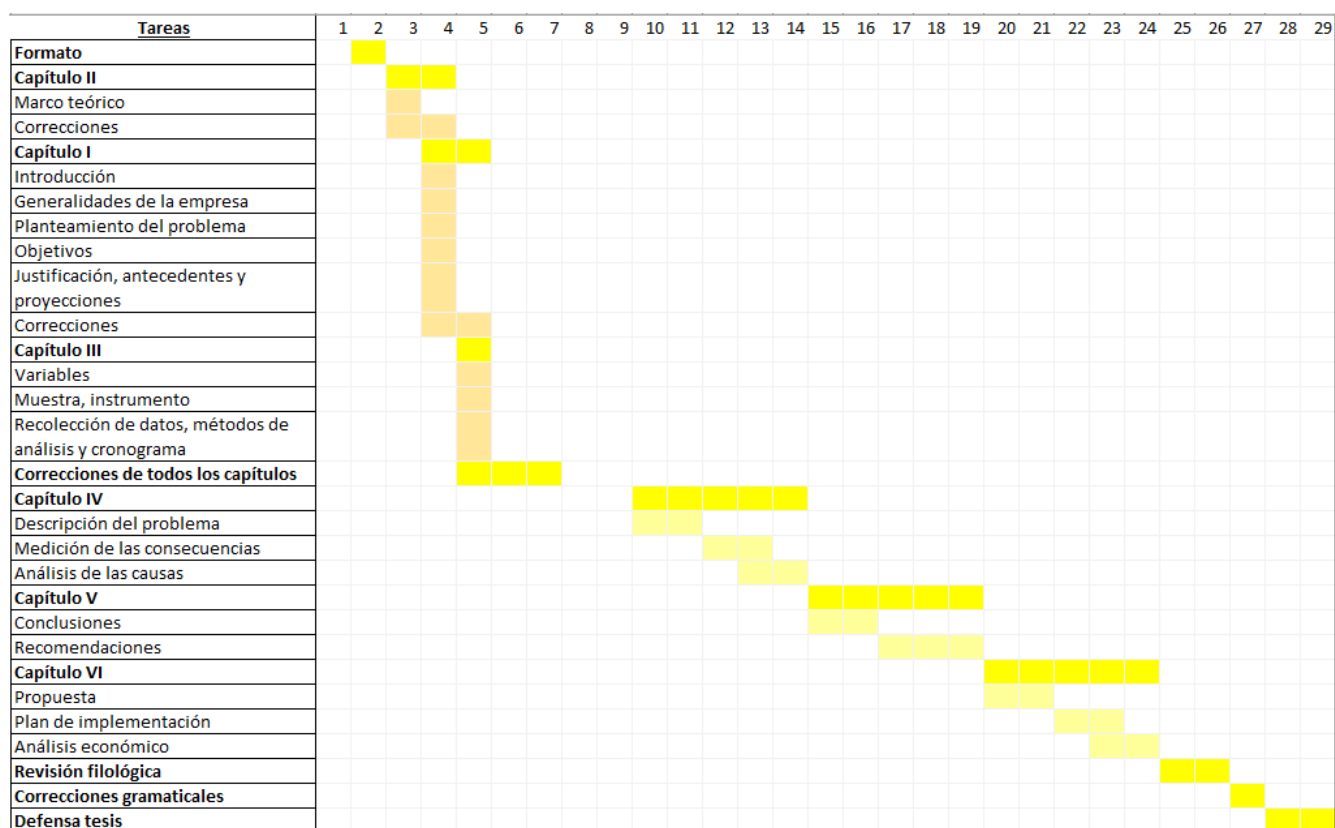
Figura 20 EDT



Nota: Elaboración propia.

A continuación, en la Figura 21, se presenta un cronograma para demostrar el trabajo hecho y planeado para las siguientes semanas, antes de la entrega final del trabajo.

*Figura 21 Cronograma de trabajo*



Nota: Elaboración propia.

En la Figura 21 se puede apreciar distintos tonos de colores, siendo el amarillo los principales y los de color más claro son los secundarios del principal, para detallar más las actividades realizadas durante el proceso.

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

En este capítulo se definirá la naturaleza y el alcance del problema en el contexto actual, todo mediante el desarrollo de los primeros tres objetivos, se utilizarán herramientas como diagramas, tablas y gráficos para determinar la situación por la cual está pasando la empresa y el posible futuro. Se intentará lograr la mayor profundidad posible con otras herramientas propias de la ingeniería industrial.

Actualmente el criterio que utilizan para el orden de los proyectos depende de cómo entra, es decir, utilizan un método de criterio propio, realizando los proyectos a como estén entrando o efectuando proyectos simultáneos, ocasionando una pérdida o desacomodo de tiempo.

La empresa se caracteriza por aceptar todos los proyectos que les piden y siempre los logran sacar, solamente que con ligeros retrasos, la consecuencia de aceptar todos los proyectos y no plantear bien su tiempo recae en la parte de producción, no hay tanto personal para satisfacer la demanda, por lo mismo tienen que trabajar en los proyectos de manera simultánea, ocasionando el exceso de horas extras y desorganización.

En buena teoría, la empresa debería tener los mínimos atrasos o no tener por completo atrasos en la entrega de sus proyectos, por lo tanto, se aleja de un modelo ideal. Para que se comporte de manera correcta se debería tener en cuenta los problemas que presenta y las posibles soluciones, como un modelo de programación y control que priorice los proyectos para que salga en la fecha indicada.

El método utilizado se aleja de un modelo apto, no hay bases matemáticas ni estadísticas que determinen el funcionamiento del método actual, lo único que hay es la evidencia de que los proyectos están saliendo más tarde del límite.

### **Descripción del Problema**

A continuación, se presentará el desarrollo de las herramientas utilizadas para describir el problema.

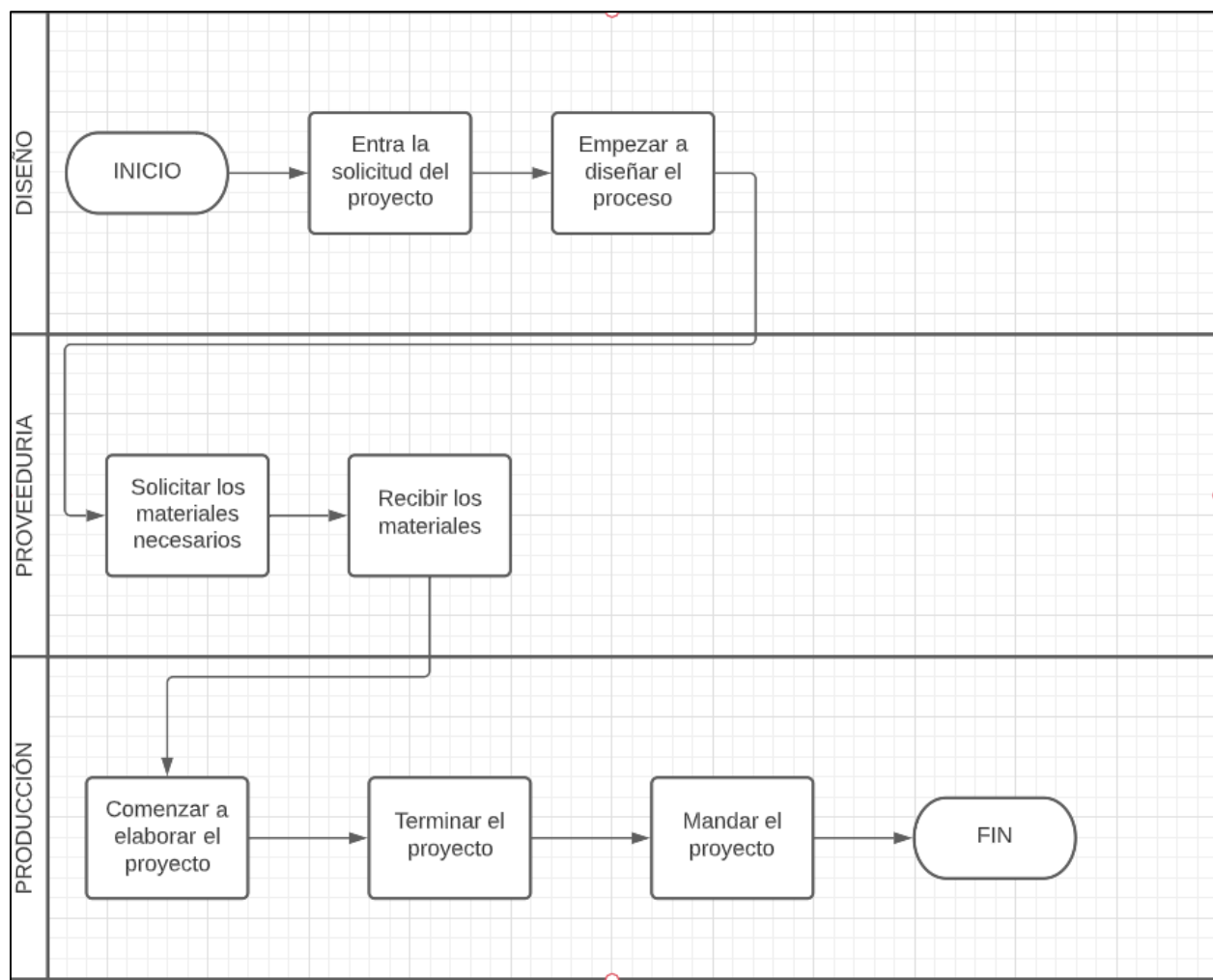
Utilizando las herramientas de ingeniería industrial, se describirá el problema presentado en la empresa y el por qué es un problema, partiendo desde la teoría que no se debería de tener retrasos en los proyectos, puesto que las fechas tienen que ser realistas y prevenir la mayoría de las situaciones.

## Diagrama de flujo

En el diagrama de flujo es importante definir las acciones de cada ente, en el momento que se recibe el proyecto, diseño es el responsable de empezar a diseñar el proyecto con todo y medidas, para que los demás departamentos estén al tanto de la información, al tener el diseño listo se solicitan los materiales y posteriormente se comienza la producción.

Primeramente, se plantea el proceso del método de programación actual de la empresa mediante un diagrama de flujo que se aprecia en la **Figura 22**.

*Figura 22 Diagrama de Flujo*



Nota: Elaboración propia.

Como se comprende en la figura anterior, se determina que el proceso para la realización de los proyectos consta de tres partes: diseño, proveeduría y producción. Según la figura son necesarios varios pasos para que producción pueda ponerse en marcha y, además, al carecer de un método de programación todos los proyectos cumplen esta secuencia y los toman conforme llegan.

Según el jefe de producción el proceso puede variar, por si la parte de diseño ya tiene un proyecto parecido, se mandan a pedir los materiales antes y se edita el proyecto anterior.

### 5W+2H

La herramienta se presenta en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

*Figura 23 5W+2H*

QUÉ	CUÁNDO	DÓNDE	QUIÉN	POR QUÉ	CÓMO	CUÁNTO
Método de programación de los proyectos	En la fecha final de entrega	Línea de producción	A producción	Por los proyectos simultáneos	Planear más los proyectos	1
			A diseño	Mal proceso de diseño	Guardar la documentación	
		El personal	A compras	Sin actualización de datos	Priorizar los proyectos	2
				Exceso de proyectos	Organizarlos mejor	

Nota: Elaboración propia. **Tildar Dónde**

La herramienta se hizo con las siguientes bases:

- Qué: Se describe el problema que se presenta en la empresa
- Cuándo: En el momento que se presenta, en este caso en la fecha final de entrega
- Dónde: El problema se encuentra en las siguientes partes de la empresa
- Quién: Las personas que se involucran en el proceso
- Por qué: La razón por la que los proyectos se retrasan
- Cómo: Manera en la que se puede solucionar
- Cuánto: La cantidad de proyectos que se pueden ver retrasados

Según la Figura 23 se logran conseguir los siguientes resultados:

- Se toma el problema de estudio, el método de programación de los proyectos
- El problema se presenta en el momento de la fecha final, es decir, cuando la empresa tiene que entregar el proyecto
- El problema se encuentra en la línea de producción y en el personal

- Las personas involucradas en el problema son producción, diseño y compras
- Las razones por las que se causa el problema son las siguientes:
  - Proyectos simultáneos
  - Mal proceso de diseño
  - No actualizan los datos
  - Exceso de proyectos
- Se determinaron varias maneras de solucionar el problema, pensando, junto al jefe de producción, que lo más importante sería la priorización de proyectos y actualizar los datos.
- La cantidad de proyectos que se pueden ver retrasados por los problemas que se categorizaron como más importantes, serían 2 de cada 10.

### Análisis FODA

El análisis FODA de la empresa se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, este método es utilizado para volver el análisis más visual, resaltando la prioridad del factor según asignación numérica. Cabe recalcar que este análisis FODA se realizó con el jefe de producción, que es la persona que tiene los datos más certeros, por su puesto y años de experiencia.

*Figura 24 Análisis FODA*

FACTORES INTERNOS DE LA EMPRESA		FACTORES EXTERNOS A LA EMPRESA	
<b>D</b> EBILIDADES (-)		<b>A</b> MENAZAS (-)	
1	Entrega tardías	1	Economía mundial
2	Proyectos mal organizados	2	Costo alto de contenedores
3	Resistencia al cambio	3	Economía nacional
4	Personal poco capacitado	4	Alto costo de producir en Costa Rica
5	Sistema de programación de proyectos		
<b>F</b> ORTALEZAS (+)		<b>O</b> PORTUNIDADES (+)	
1	Estabilidad laboral	1	Hacer que los proyectos salgan a tiempo
2	Buen trato al cliente	2	Pocos competidores
3	Horarios de trabajo flexibles	3	Nuevos proveedores
4	Clientes fieles		

Nota: Elaboración propia.

Se determinan que ese es el análisis planteado para la empresa en este proyecto, siendo una de las formas con las cuales se logra describir una parte de la problemática, desde el punto de vista de las debilidades y las oportunidades.

Posteriormente se les otorga una importancia, junto al jefe de producción que determina cuál de estos cree que es más importante, del 1 al 3, para que, desde el punto de vista del proyecto, analizar lo más importante, se puede observar en la Figura 25.

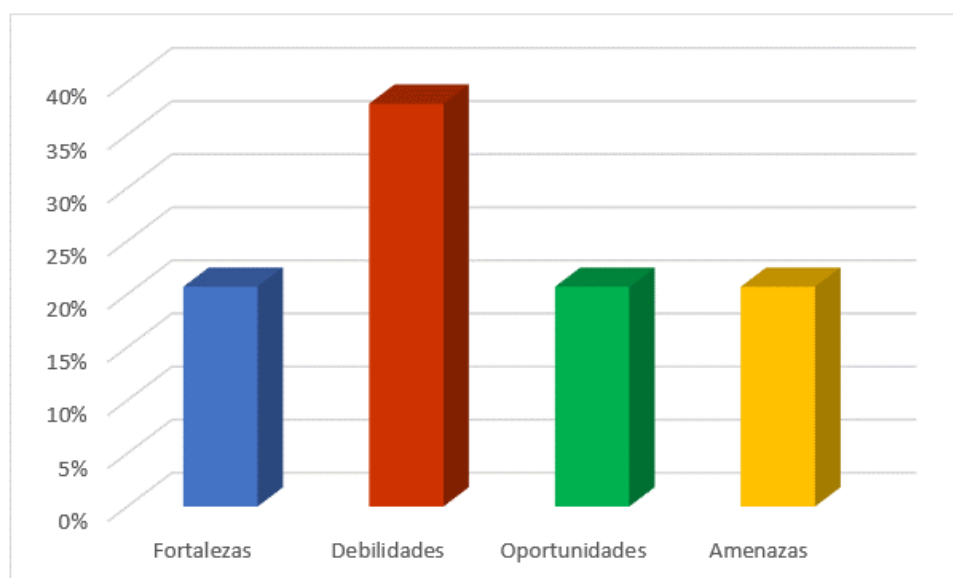
**Figura 25 Importancia FODA**

Fortalezas	Debilidades	Oportunidades	Amenazas	
Estabilidad laboral (1)	Entregas tardías (3)	Proyectos salgan a tiempo (3)	Economía mundial (1)	
Buen trato al cliente (1)	Proyectos mal organizados (2)	Pocos competidores (2)	Costo de contenedores (2)	
Horarios de trabajo flexibles (1)	Resistencia al cambio (1)	Nuevos proveedores (1)	Economía nacional (2)	
Clientes fieles (3)	Personal poco capacitado (2)		Producir en Costa Rica (1)	
	Sistema de prog. De proyectos (3)			
Total=5	Total=11	Total=6	Total=6	Total=29
21%	38%	21%	21%	100%

Nota: Elaboración propia.

Seguidamente se gráfica, para que, de una forma más visual, se pueda observar cuál es la más importante, se aprecia en la Figura 26

**Figura 26 Gráfico del FODA**



Nota: Elaboración propia.

Analizando a detalle el gráfico que brinda el análisis FODA, se determina que las debilidades son las que demuestran más importancia en la empresa, indagando más en las debilidades se puede apreciar, respecto a la opinión del personal, que la mayor debilidad son las entregas tardías o los retrasos en los proyectos, definiendo así el problema principal de Equipos El Prado S. A., en los retrasos o entregas tardías y en el cual se va a enfocar el proyecto.

### Cuadro estadístico

Conociendo que no todos los proyectos son iguales, pero sí a todos les asignan una fecha de entrega, se toma una muestra de 6 proyectos en un periodo del 2021 al 2022, con la finalidad de trabajar proyectos recientes para acercarse más a la situación actual, esto se hace para evidenciar las fechas de salida pronosticadas versus las reales. La empresa, cuando le entra un proyecto, inmediatamente le dicen al cliente una fecha de salida, por lo tanto, el cliente espera esa fecha y cualquier atraso es inesperado.

El cuadro se demuestra en la Figura 27.

*Figura 27 Cuadro Estadístico*

	Proyecto	Duración	Fecha de inicio	Fecha de salida pronosticada	Fecha de salida real	Días retrasados
1	Nico verde	10 semanas	22/7/2021	24/5/2022	24/5/2022	0
2	Augofresh Panamá	4 semanas	11/8/2021	15/9/2021	15/9/2021	0
3	Acon Campos Verdes	8 semanas	19/10/2021	5/12/2021	13/12/2021	8
4	2453 Senegal	16 semanas	13/12/2021	1/4/2021	1/4/2021	0
5	Sur Química	20 semanas	22/11/2021	1/3/2022	16/3/2022	15
6	Polo Blanco	12 semanas	28/1/2022	8/4/2022	8/4/2022	0

Nota: Elaboración propia.

En la Figura 27 se tienen las siguientes variantes, según el jefe de producción:

- El proyecto Acon Campos Verdes y el proyecto Sur Química se atrasaron debido a que entraron en fechas parecidas y se tuvieron que trabajar de forma simultánea, puesto que no determinan tamaños y tiempos para poder priorizar el proyecto, respecto a los puntos anteriores.

## Histograma de frecuencia

Gracias al registro histórico de la empresa y a la herramienta anterior, se puede realizar un histograma de frecuencia, que va a graficar qué tan frecuente -valga la redundancia- es ver un atraso en la fábrica. Se trabaja con una muestra de 6 proyectos recientes y se obtiene la Tabla 6.

*Tabla 6 Tabla de Histograma*

Cantidad de proyectos	Días atrasados
4	0
1	8
1	15

Nota: Elaboración propia.

Determinando los días de atrasos y la frecuencia de ellos se obtiene la Figura 28.

*Figura 28 Histograma de frecuencias*



Nota: Elaboración propia.

La línea horizontal presenta los días de retraso que se pueden presentar en los proyectos, mientras que la vertical dice la frecuencia de estos días retrasados. No es mucha variación de los días

atrasados, pero en buena teoría, los retrasos deberían ser mínimos y sí fue un problema muy frecuente que presentó la fábrica en cierto tiempo.

Los proyectos se atrasan principalmente por el trabajo simultáneo y por el exceso de proyectos.

### **Medición de las Consecuencias**

Los problemas siempre desencadenan consecuencias, por lo tanto, en esta parte se utilizarán herramientas de Ingeniería Industrial con la finalidad de apreciar las consecuencias del problema que presenta la fábrica.

#### **AMFE**

Esta herramienta permite determinar el efecto de los retrasos gracias al análisis de las fallas potenciales. El AMFE se presenta en la Figura 29.

Figura 29 AMFE

**ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (A.M.F.E)**

Descripción de la fase	Modos potenciales de fallo	Efecto(s) potenciales del fallo	Gravedad	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Consecuencia	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Fecha de inicio	NºFE	Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s) y fecha de realización
Pedido de materiales	Materiales vienen tarde	Retraso en comienzo de proyecto	8	Mala programación	6	Revisión	6	288	Manejar mínimos y máximos	Proveeduría
	Materiales de mala calidad	Proyecto tiene que reprocesarse	7	Proveedor no certificado	6	Revisión	3	126	Mayor catálogo de proveedores	Compras
	Materiales incorrectos	Retraso en comienzo de proyecto	10	Proveedor no certificado	1	Revisión	2	20	Mayor catálogo de proveedores	Compras
	Incorrecta cantidad de materiales	Proyecto incompleto	8	Proveedor no certificado	4	Revisión	2	64	Mayor catálogo de proveedores	Compras
Organización de los proyectos	Exceso de proyectos	Retraso en la entrega	7	Mala programación	8	Revisión de pedidos	4	224	No aceptar todos los proyectos para evitar excesos	Programación
	Proyectos simultáneos	Retraso en la entrega	7	Mala programación	8	Revisión de pedidos	4	224	Intentar dar fechas realistas conforme a los proyectos que tienen	Programación
	Fechas no realistas	Retraso en la entrega	7	Mala programación	6	Revisión de pedidos	4	168	Contar todos los extras en el momento de dar una fecha de entrega	Programación
Diseño de los proyectos	No actualizan la información	Mayor tiempo en el proceso de diseño	5	Mala organización	7	Revisión de datos históricos	3	105	Documentar todos los proyectos	Diseño
	Duran mucho diseñando	Mayor tiempo en el proceso de diseño	5	Mala organización	5	Revisión de datos históricos	3	75	Revisar mejor los datos históricos	Diseño
	No tienen proyectado los trabajos	Mayor tiempo en el proceso de diseño	5	Mala organización	3	Revisión de datos históricos	3	45	Buscar herramientas para diseñar más rápido	Diseño

Nota: Elaboración propia.

De acuerdo con el AMFE se pueden determinar los potenciales de fallo y sus consecuencias más relevantes, esto permite centrar las acciones de mejora de la propuesta, el resultado de este análisis se puede apreciar en la Tabla 7.

**Tabla 7 Resumen AMFE**

<b>Modo potencial de fallo</b>	<b>Consecuencias del fallo</b>
Exceso de proyectos	Retraso en la entrega
Proyectos simultáneos	Retraso en la entrega de los dos proyectos
Fechas de entrega poco realistas	No salen en la fecha planeada

Nota: Elaboración propia.

La Tabla 7 es una consecuencia del error de la mala programación de los proyectos, todos los modos potenciales de fallos descritos se podrían solucionar con un método que permita manejar los proyectos de manera correcta, desde que entran a la fábrica hasta que salen.

### **Análisis de las Causas**

Las causas del problema se identificarán con una serie de herramientas que históricamente siempre han tenido la utilidad de encontrar la causa del problema.

#### **5 por qué**

En la Figura 30 se presenta la herramienta desarrollada, basándose en el atraso de los proyectos y la causa que es el método actual de programación.

Las preguntas se plantearon tomando los datos históricos y lo observado en la empresa y las respuestas las dio el jefe de producción.

*Figura 30 5 por qué*

	Por qué	Respuesta
1	¿Por qué se atrasan los proyectos?	Porque no se pueden sacar
2	¿Por qué no se pueden sacar?	Por la organización de los proyectos
3	¿Por qué por la organización?	Porque no saben ordenar los proyectos
4	¿Por qué no saben ordenar los proyectos?	Porque el método no funciona
5	¿Por qué el método no funciona?	Porque es un método de criterio propio
6	¿Por qué lo hacen así?	No ha habido personas que propongan otro método

Nota: Elaboración propia.

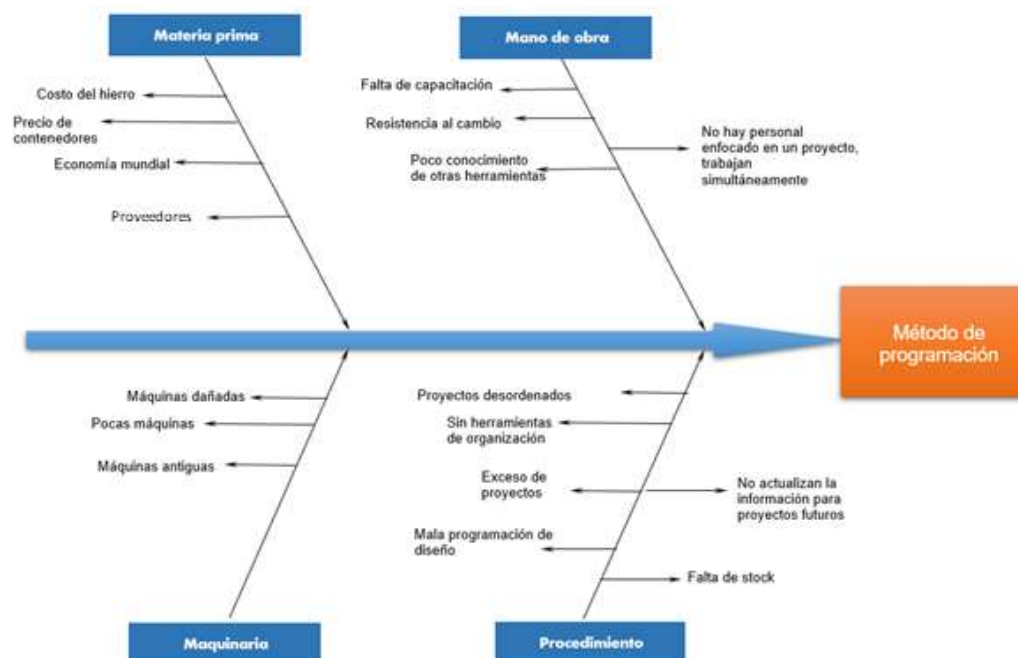
Gracias a la herramienta de 5 por qué se determina que la principal causa es el método actual de programación, este provoca un atraso significativo en el tiempo de entrega de los proyectos.

No hay personal que proponga un nuevo método de programación, por ende, la empresa seguirá retrasando algunos proyectos hasta que se encuentre un método nuevo.

### Diagrama causa-efecto

La Figura 31 representa el diagrama causa-efecto para el proyecto.

*Figura 31 Diagrama Ishikawa*



Nota: Elaboración propia.

Gracias al diagrama de Ishikawa se obtiene la Tabla 8:

**Tabla 8 Diagrama Causa efecto**

<b>CAUSAS</b>	<b>RAÍCES DE LAS CAUSAS</b>
<b>Materia prima</b>	El hierro, producto de la economía mundial, tiene un alto costo, ya que la fábrica suele trabajar con material de calidad y los proveedores le subieron el precio. Además, la crisis de contenedores que hay en Costa Rica también les afecta en el costo de la materia prima.
<b>Mano de obra</b>	El personal tiene que trabajar, de vez en cuando, en proyectos simultáneos por lo que no le prestan completa atención a un proyecto, por querer sacar los dos proyectos más rápido terminan atrasándose en ambos.
<b>Maquinaria</b>	La maquinaria no es de las principales causas que se enfrentan, no obstante, hay maquinaria que solo se puede utilizar en la mañana debido a los paneles solares, por lo tanto, la producción la tienen que acelerar en ese lapso, si no se logra se tiene que esperar hasta el día siguiente.
<b>Procedimiento</b>	Se puede decir que el mayor problema se encuentra en el procedimiento, principalmente en el exceso de proyectos, el orden de los proyectos, el largo tiempo de diseño, la falta de <i>stock</i> y que no se actualiza la información para proyectos futuros. Este último punto se refiere a cuando en el futuro se pide un proyecto “parecido”, pero como no mantienen la información se tiene que volver a diseñar y se desperdicia tiempo.

Nota: Elaboración propia.

Para concluir, se demuestra en el diagrama causa efecto que en el procedimiento es donde se han encontrado más causas, no solo de la parte de producción, sino de la aprobación de proyectos y la parte de diseño.

## CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo, donde las primeras son la razón del estudio y responden los objetivos específicos, mientras que las recomendaciones direccionan la intención del trabajo, son acciones que se sugieren después de las conclusiones, por lo tanto, se encuentran las debilidades y se recomiendan acciones para cubrirlas.

### Conclusiones

A continuación, se presentan las conclusiones del proyecto:

- Se describe que el problema que presenta la fábrica y el que se va a someter al estudio, es el problema de tiempos de entrega debido a la organización de los proyectos, al carecer de método de programación desemboca la problemática de organización de proyectos. Gracias a estos análisis se destaca la importancia de incorporar un método de programación para los proyectos y se concluye que el problema se solucionaría con esta herramienta.
- Se mide el impacto que tiene el retraso de los proyectos en la empresa, mediante una herramienta de efectos de fallo, enlazando todos los fallos a pérdida de tiempo en los proyectos, como consecuencia se disminuye la confianza de los clientes, todo lo desarrollado son consecuencias negativas.
- Se analiza la causa que genera los retrasos, poniendo como causa principal el método de programación de la fábrica, con ello se determinan las causas secundarias y los departamentos responsables de esta problemática. Se describen todas las causas de la problemática para tener más visibilidad a posibles soluciones de la situación actual de la empresa.
- Se diseña el método de programación y control de la empresa para la organización de los proyectos, utilizando herramientas de priorización de proyectos, proponiendo distintos métodos que se pueden tanto complementar, como utilizarse individualmente. La idea de complementar las herramientas es tener distintos criterios de priorización y que utilicen el que más les funcione.
- Se establece la implementación de herramientas e indicadores para controlar la propuesta y que la implementación sea exitosa, concluyendo la idea que todo lo correctamente planificado logra predecir la mayoría de los sucesos. Para el control se tiene que seguir rígidamente los indicadores y herramientas.

- Se propone el método de programación y control con la finalidad de que la utilización sea beneficiosa para la fábrica, con el pasar del tiempo se tiene que notar la diferencia, sobre todo en el momento que entran proyectos simultáneos y el método rápidamente pueda priorizar el trabajo, respecto a los distintos puntos.

### **Recomendaciones**

En la Tabla 9 se presentan las recomendaciones

***Tabla 9 Recomendaciones***

<b>Objetivo</b>	<b>Conclusión</b>	<b>Recomendación</b>
Describir el problema que presenta la fábrica con los tiempos de entrega debido a la falta de organización de los proyectos.	Se describe que el problema que presenta la fábrica y el que se va a someter al estudio corresponde a los tiempos de entrega debido a la organización de los proyectos, al carecer de método de programación se presenta la problemática de organización de proyectos. Gracias a estos análisis se destaca la importancia de incorporar un método de programación para los proyectos, concluyendo que el problema se solucionaría con esta herramienta.	Se recomienda que se incluya un método de programación y control para organizar los proyectos. También como segunda recomendación se tiene que considerar contemplar los tiempos suplementarios al dar una fecha de entrega.
Medir el impacto de los retrasos que presenta la fábrica, la cual carece de	Se mide el impacto que tiene el retraso de los proyectos en la empresa, mediante una	Se recomienda medir semestralmente los retrasos que se presentaron,

<b>Objetivo</b>	<b>Conclusión</b>	<b>Recomendación</b>
herramientas para la programación y control de los proyectos.	herramienta de efectos de fallo, enlazando todos los fallos a pérdida de tiempo en los proyectos, como consecuencia se disminuye la confianza de los clientes, todo lo desarrollado son consecuencias negativas.	comparándolos con los datos históricos para ver la mejoría.
Analizar la causa que genera los retrasos	Se analiza la causa que genera los retrasos, poniendo como causa principal el método de programación de la fábrica, se determinan las causas secundarias y los departamentos responsables de esta problemática. Se describen todas las causas de la problemática para tener más visibilidad a posibles soluciones de la situación actual de la empresa.	Se recomienda establecer sistemas de revisión cada vez que se note un fallo, para tener el control absoluto de la situación, si se previene el impacto va a ser menor.
Diseñar el método de programación y control en la empresa.	Se diseña el método de programación y control de la empresa para la organización de los proyectos, utilizando herramientas de priorización de proyectos, proponiendo distintos métodos que se	Se recomienda incluir un método de programación y control y si es necesario utilizar varias herramientas para tener distintos puntos de vista.

<b>Objetivo</b>	<b>Conclusión</b>	<b>Recomendación</b>
	<p>pueden tanto complementar, como usarlos individualmente. La idea de complementar las herramientas es tener distintos criterios de priorización y que utilicen el que más les funcione.</p>	
<p>Establecer los mecanismos e indicadores que se utilizarán para controlar la propuesta.</p>	<p>Se establece la implementación de herramientas e indicadores para controlar la propuesta y que la implementación sea exitosa, se concluye que todo lo correctamente planificado logra predecir la mayoría de los sucesos. Para el control se tiene que seguir rígidamente los indicadores y herramientas.</p>	<p>Se recomienda contar con herramientas para que la propuesta funcione, con la finalidad de tener un control en la propuesta y que se implemente siguiendo los pasos establecidos.</p>

Nota: Elaboración propia.

## CAPÍTULO VI PROPUESTA

De acuerdo con las conclusiones del proyecto, se determina la necesidad de la implementación de un método de programación y control; por lo tanto, en este capítulo se propondrán varias herramientas que se pueden complementar o simplemente utilizar por aparte. Se presenta el plan de implementación junto a sus posibles escenarios.

### Propuesta

Para la propuesta se utilizan las siguientes herramientas:

- Método PERT: Para determinar cuáles son las actividades que tienen holgura y cuáles son las actividades que se tienen que realizar de una forma más eficiente.
- Matriz de priorización de proyectos: Contando con ciertos aspectos para definir cuál proyecto es más importante y requiere prioridad.

Estas funcionan como la propuesta que se brinda para darle una posible solución a la problemática de retrasos en los proyectos por falta de un método de programación y control.

Cabe recalcar que los proyectos son todos similares, por lo tanto, se puede utilizar un machote para todo y con lo que se puede guiar la fábrica para los diagramas.

### Método PERT

Antes de la propuesta se tiene que destacar los beneficios que presenta este método:

- Como principal beneficio se encuentra aclarar las limitaciones del equipo de trabajo, ya que se detalla el tiempo y la holgura que tiene la actividad.
- Ayuda a gestionar el tiempo y los recursos de forma eficiente.
- Se podría llegar a terminar con anticipación algún proyecto.

Lo anterior son solamente ciertos beneficios que se pueden presentar gracias al diagrama, conforme se implemente los beneficios van a ser más notorios.

El método PERT será parte de la propuesta para determinar el tiempo que tarda en poner en marcha un proceso, en la Tabla 10 se determinan las actividades necesarias para que un proyecto llegue a la parte de producción, lógicamente los procesos pueden variar el tiempo según el proyecto, por lo mismo, con la muestra de los proyectos se obtendrá un tiempo promedio de las actividades, todo esto con el criterio del jefe de producción de la fábrica.

Se utiliza con la finalidad de establecer el tiempo de holgura que se puede presentar durante todo el proceso de un proyecto, para que sirva de complementación hacia las demás herramientas. Definiendo la holgura de varios proyectos se puede determinar el tiempo en el que se puede mover el proyecto, teniendo como principal funcionalidad definir el tiempo en el que se tiene que trabajar el proyecto.

Se aconseja utilizar para todos los proyectos que tiene la fábrica, principalmente con los que se deben trabajar de manera simultánea, para lograr analizar los tiempos de holgura y aprovechar al máximo el tiempo.

Las actividades que se realizan para un proyecto casi siempre son las mismas. Normalmente todos pasan por las mismas actividades, pero claramente hay proyectos especiales que pueden tener más. Las actividades más frecuentes se demuestran en la Tabla 10.

***Tabla 10 Actividades para los proyectos***

<b>Actividad</b>
Recepción de pedidos
Diseño de pedidos
Solicitud de materiales
Recepción de materiales
Producción del producto

Nota: Elaboración propia.

Después de obtener las actividades se calculan los tiempos estimados, la mayoría de los tiempos utilizados serían entre días y semanas, mientras que en la producción el tiempo sí puede ser un poco más, llegando hasta meses.

Para ejecutar un PERT de forma correcta se debe tener en cuenta la Tabla 11, que presenta las actividades que debe pasar un proyecto para salir de la fábrica.

**Tabla 11 Actividades**

Detalle	Actividad	Predecesores
Recepción de proyectos	A	No
Diseño de pedidos	B	A
Solicitud de materiales	C	A
Recepción de materiales	D	C
Producción	E	B, D
Entrega de proyecto	F	E

Nota: Elaboración propia.

Se propone la utilización de un *software* para realizar el método PERT, es sencillo y se puede utilizar de forma gratuita. Se llama “Creador PERT – CPM”.

La idea del *software* es que, solo colocando las actividades de la tabla anterior, con su respectivo predecesor y, dependiendo del proyecto, colocarle el tiempo de duración y el mismo programa realice el diagrama PERT, detallando su respectiva holgura.

El *software* tiene las instrucciones en la parte superior derecha, como se muestra en la Figura 32 Instrucciones del software PERT

**Figura 32 Instrucciones del software PERT**

[¿Cómo usarlo?](#) [¿Cómo leerlo?](#) [¿Cómo crearlo?](#) [Libros imprescindibles](#) [Ayuda a mantener este sitio](#)

Nota: creadorpertcpm

Se recomienda ver el video de las instrucciones para comprender mejor el funcionamiento y la forma como se debe leer el diagrama.

En la página principal se colocan los datos con los que se quieran trabajar, divididos en “Nombre de la actividad”, “Duración” y “Predecesores”, posteriormente al llenar una actividad se da clic en el botón “Añadir actividad”, la interfaz se muestra en la Figura 33.

**Figura 33 Interfaz de Software**

Tus datos

Introduce todos los procesos en la tabla inferior. Los predecesores deben ir separados por comas.

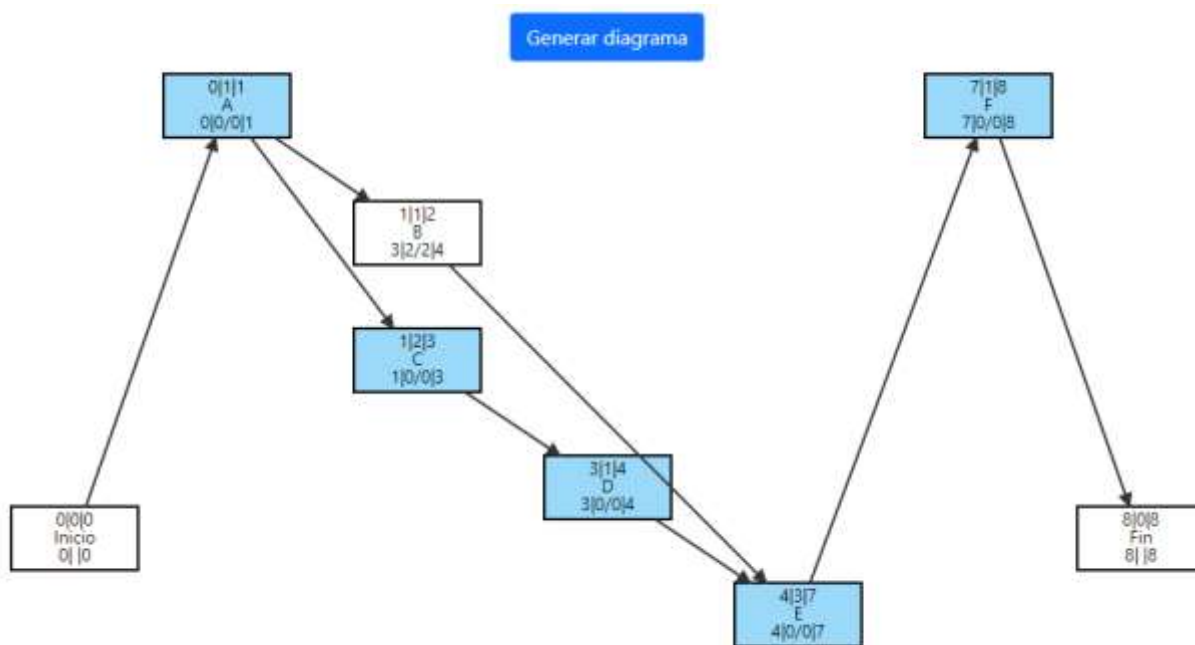
Nombre actividad	Duración	Predecesores	Eliminar

Añadir actividad

Nota: creadorpercpm.

Después de agregar las actividades, con su respectiva duración y predecesor, se tendría que ver como en la Figura 34, siempre siguiendo el principio de que las actividades son las mismas y se realizan en el mismo orden.

**Figura 34 Diagrama PERT**



Nota: creadorpercpm.

Los datos superiores del recuadro significan, respectivamente, el momento en el que se inició la actividad, la duración y el momento en el que se finalizó.

Los datos inferiores significan: el día más tarde que puede iniciar, la holgura que tiene la actividad y la fecha más tarde que puede terminar. Entiéndase holgura como un espacio que hay para realizar la actividad, por ejemplo, una holgura de dos días significa que esa actividad puede durar 2 días más de su duración normal.

Definiendo las holguras en las actividades se puede determinar si el proyecto se tiene que apresurar o si da tiempo para sacarlo en la fecha indicada.

Es importante llevar un registro de todos los PERT realizados añadiendo las fechas reales de salida de los proyectos, para conocer la exactitud de la herramienta.

Para mayor entendimiento se presenta un ejemplo con datos reales y cómo se debería analizar los datos de la página.

En la Tabla 12 se encuentra un proyecto llamado SUR QUÍMICA.

*Tabla 12 Tabla del ejemplo del método PERT*

<b>DETALLE</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DURACIÓN (SEMANAS)</b>	<b>PREDECESOR</b>
Recepción de proyectos	A	2	-
Diseño de pedidos	B	5	A
Solicitud de materiales	C	6	A
Recepción de materiales	D	3	C
Producción	E	7	B, D
Entrega de proyecto	F	2	E

Nota: Elaboración propia.

Teniendo los datos anteriores se procede a añadirlos a la primera interfaz de la página que solicita estos datos. Quedaría como se muestra en la Figura 35.

**Figura 35 Ejemplo de datos en el método PERT**

## Tus datos

Introduce todos los procesos en la tabla inferior. Los predecesores deben ir separados por comas.

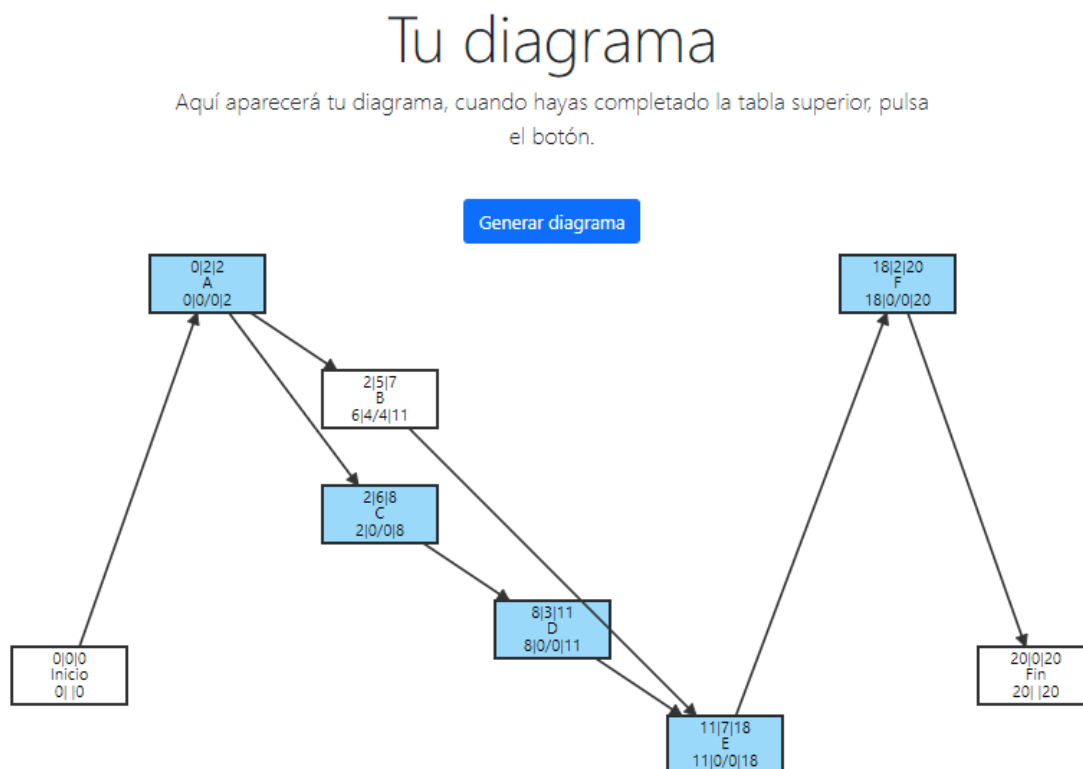
Nombre actividad	Duración	Predecesores	
A	2		
B	5	A	X
C	6	A	X
D	3	C	X
E	7	B, D	X
F	2	E	X

Añadir actividad

Nota: creadorpertcpm.

Posteriormente se hace clic en el botón que dice generar diagrama y se despliega la siguiente red de la Figura 36.

**Figura 36 Diagrama PERT (Ejemplo)**



Nota: creadorpertcpm.

Obtenido el diagrama se puede analizar las actividades con holgura, en este caso sería la actividad B (Diseño de pedidos), con 4 semanas de holgura. Por lo tanto, la actividad B puede empezar la semana 6 o terminar en la 11, cumpliendo un tiempo que se puede utilizar para realizar otro proyecto o terminar la actividad C y acelerar el proyecto.

El siguiente ejemplo se desarrolla respecto al proyecto llamado ACON CAMPOS VERDES y se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13 Tabla del ejemplo 2 del método PERT**

DETALLE	ACTIVIDAD	DURACIÓN (SEMANAS)	PREDECESOR
Recepción de proyectos	A	1	-

DETALLE	ACTIVIDAD	DURACIÓN (SEMANAS)	PREDECESOR
Diseño de pedidos	B	1	A
Solicitud de materiales	C	2	A
Recepción de materiales	D	1	C
Producción	E	3	B, D
Entrega de proyecto	F	1	E

Nota: Elaboración propia.

Se pasan los datos a la página como se muestra en la Figura 37.

**Figura 37 Ejemplo 2 de datos en el método PERT**

## Tus datos

Introduce todos los procesos en la tabla inferior. Los predecesores deben ir separados por comas.

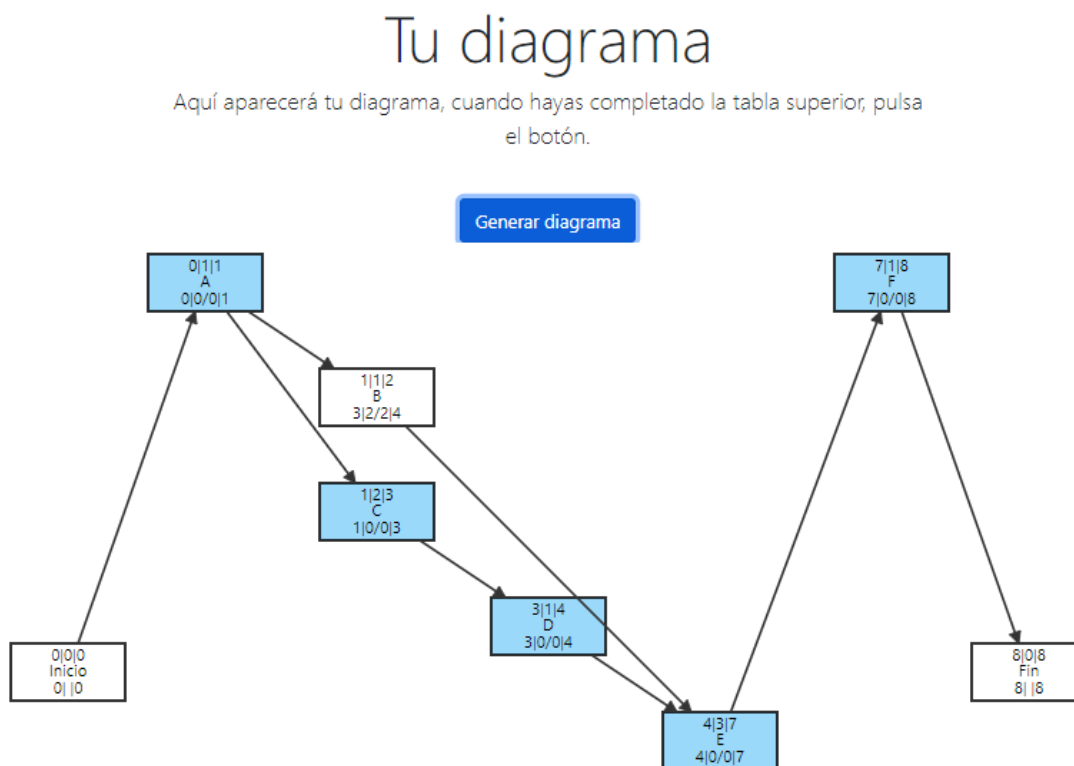
Nombre actividad	Duración	Predecesores	Eliminar
A	1		
B	1	A	X
C	2	A	X
D	1	C	X
E	3	B, D	X
F	1	E	X

[Añadir actividad](#)

Nota: creadorpertcpm.

Seguidamente se genera el diagrama, como se muestra en la Figura 38.

**Figura 38 Diagrama PERT (Ejemplo 2)**



Nota: creadorpertcpm.

Obteniendo una holgura en la misma actividad del ejemplo pasado, pero esta vez solamente de 2 semanas, por lo tanto, la actividad tiene holgura, pero hay que tener en cuenta los tiempos, porque es una actividad que tiene que realizarse con los tiempos ajustados.

### Matriz de priorización de proyectos

Como siguiente herramienta se propone una matriz de priorización de proyectos, con un sistema creado en Excel que cuenta con distintos pasos. Una pequeña explicación de los pasos por seguir para priorizar un proyecto y cómo se utiliza la herramienta completa. La herramienta completa se encuentra en el apéndice 1.

Esta parte de la propuesta es un establecimiento de prioridad de los proyectos, se sabe que la priorización es una parte vital del orden de los proyectos, ya que gracias a esta se logra administrar mejor el tiempo.

La propuesta incluye un libro de Excel -se adjuntará una copia en el CD de la tesis- con macros (Programación de VBA), con la finalidad de volver la herramienta más dinámica y fácil de utilizar.

El libro consta de 7 hojas de Excel:

1. Explicación: Se explica cómo se utiliza la herramienta y los pasos que se deben seguir para que la herramienta cumpla al máximo sus funciones.
2. Menú: Permite deslizarse por las hojas de una forma más dinámica.
3. 1 Alineamiento: Es el primer paso para ejecutar una priorización, tiene detallados los puntos vitales de la priorización de un proyecto, donde se puede marcar para pasar al siguiente paso.
4. 2 Cálculo: La hoja tiene los beneficios y riesgos de cada proyecto, para que se pueda complementar con la priorización, mientras mayores beneficios y menos riesgos tenga, más prioridad tiene.
5. 3 Priorización: La parte vital del libro, en las primeras columnas detalla automáticamente, con un número, qué tanta prioridad se le tiene que aplicar al proyecto.
6. 4 Gráfica: Se encuentra un gráfico que posee cuatro cuadrantes, donde dependiendo de toda la información anterior del proyecto se grafica en el cuadrante. Se utiliza para poder tener un punto de comparación de los proyectos gráficamente.
7. Explicación de alineamiento: Se explica qué es cada alineamiento y por qué se eligieron esos puntos como importantes para el comienzo de la priorización. Cabe destacar que aparte de la acreditación también fue por criterio propio del jefe de producción, que considera estos puntos como los más importantes para un proyecto.

### **Explicación**

En la explicación se encuentra una pequeña tabla que explica qué se puede realizar en cada hoja, sirve como una pequeña guía, no obstante, no tiene toda la información para controlar a la perfección la herramienta.

La tabla se muestra en la Figura 39 Tabla de explicación.

*Figura 39 Tabla de explicación*

Matriz de priorización	
Hoja de excel	Descripción
<b>Ir al menú</b>	Se debe seguir el orden del paso 1 al paso 4
<b>Alineamiento (paso 1)</b>	Se debe marcar con "x" los conductores de de especificaciones de proyectos predeterminados, con lo que se obtiene un valor automático para el alineamiento.  En la hoja "Explicación alineamiento" se puede visualizar la relación de los conductores y también la justificación de porque se tomo ese punto como importante  Así mismo, en caso de necesitar modificar algún dato se debe de reaizar en la hoja "1 Alineamiento"
<b>Cálculo (paso 2)</b>	En la <b>columna "C" y de la columna "I" a la "O"</b> : se debe seleccionar la opción que mejor le aplique al componete, de las que se desplegan, es imporatante decir que se tiene que hacer en trabajo en equipo, puesto que unicamente tener un criterio podria afectar el proyecto  Así mismo, en caso de necesitar modificar algún dato se debe de reaizar en la hoja "1 Alineamiento"
<b>Priorización (paso 3)</b>	Se deben presionar los botones color gris. La recomendación es priorizar por el botón denominado " <b>Priorizar por plano luego por x y</b> "  Así mismo, en caso de necesitar modificar algún dato se debe de reaizar en la hoja "1 Alineamiento"
<b>Gráfica (paso 4)</b>	Sirve para visualizar graficamente en que cuadrante se encuentran todos los proyectos

Nota: Elaboración propia.

### Generalidades

En todas las hojas del libro de Excel se encuentran botones como un tipo de “casas”, cuadros con pasos y demás. Estos botones son generales, se encuentran en todas las hojas para volver más dinámico el movimiento, todos están hipervinculados.

Por ejemplo, el botón que se muestra en la Figura 40 es para que se pueda volver a la hoja de inicio sin necesidad de buscarlo en la pestaña de hojas

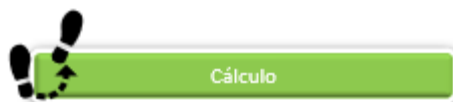
*Figura 40 Botón de inicio*



Nota: Fuente iconos de Excel.

El siguiente botón, mostrado en la Figura 41, tiene la misma funcionalidad, pero ayuda a seguir el orden en las hojas.

*Figura 41 Botón de movimiento en el libro*



Nota: Elaboración propia.

### **Alineamiento**

En esta hoja se tienen varias columnas, para especificar mejor el proyecto, se comienza con los siguientes puntos, que se deben colocar la información del proyecto:

- Tipo
  - Se pone si es un proyecto, un pedido semanal o un pedido especial. Esto se incluyó para que la herramienta fuera más versátil y flexible con las funciones que la empresa quiere. Funciona con lista desplegable.
- Nombre corto
  - Se coloca un nombre corto con el que se puede reconocer de manera interna el proyecto.
- Nombre largo
  - Se coloca el nombre real del proyecto.

Después de haber llenado estos espacios se encontrará una columna llamada ponderación, no se tiene que tocar puesto que funciona con una fórmula de Excel, por ende, se recomienda bloquear la celda para evitar confusiones.

Posteriormente siguen las columnas llamadas:

- Fecha de entrega
- Distancia de entrega de pedido
- Tamaño del proyecto
- Materia prima
- Duración



Se considera importante destacar que el cálculo está dividido en beneficios y riesgos del proyecto, como se muestra en la Figura 43 y Figura 44.

**Figura 43 Beneficios del proyecto**

<b>Beneficio</b>			
Impacta entre 0% y 40% la Estrategia 4.0	Clientes infrecuentes	El proyecto no muestra una gran ganancia	A criterio (0% o 1%)
Impacta entre 41% y 60% la Estrategia 4.0	Clientes promedio	El proyecto muestra la ganancia necesaria	A criterio (2% o 5%)
Impacta 61% o más la Estrategia 4.0	Clientes nuevos y VIP	El proyecto supera las expectativas de las ganancias y se vuelve un cliente fiel	A criterio (6% o 10%)
<b>Alineamiento</b> (ver cuadro aparte)	<b>Frecuencia del cliente</b>	<b>Evaluación financiera</b>	<b>Criterio del jefe de producción</b>

Nota: Elaboración propia.

**Figura 44 Riesgos de los proyectos**

<b>Riesgo</b>		
Los materiales están a precio normal	Recupera justamente lo invertido	Se trabaja con el horario normal
Los materiales están a un 10% sobre el precio normal	Recupera un poco menos de lo invertido	Se tienen que poner pocas horas extras a la semana
Los materiales están a un 20% sobre el precio normal	No recupera inversión	Se tienen que poner muchas horas extras a la semana para completarlo
<b>Material con un costo elevado</b>	<b>Financiero</b>	<b>Tiempo</b>

Nota: Elaboración propia.

En las imágenes anteriores es importante leer el contenido de los recuadros grises para determinar qué valor colocarle al criterio.

### Priorización

En este punto la herramienta ya comienza a otorgar una prioridad a los proyectos. La hoja tiene lo que se muestra en la Figura 45.

**Figura 45 Interfaz de priorización**

The interface includes a home icon, 'Cálculo' and 'Gráfico' buttons, a 'Borrar Restricción' button, a yellow 'Presionar alguno de los botones para actualizar la tabla.' button, and a row of buttons: 'Original', 'Priorizar por plano luego por x y', 'Priorizar por X / Y', 'Priorizar por X (beneficio)', and 'Priorizar por Y (riesgo)'. Below these is a table with columns: Graficar, Prioridad, Tipo, ¿Con restricción?, Nombre corto, Nombre largo (20 caracteres), Beneficio (X), Riesgo (Y), and Beneficio / Riesgo (X/Y). The table contains three rows of data with values 0 in the first three columns.

Graficar	Prioridad	Tipo	¿Con restricción?	Nombre corto	Nombre largo (20 caracteres)	Beneficio X	Riesgo Y	Beneficio / Riesgo X / Y
		0		0		0	0	-
		0		0		0	0	-
		0		0		0	0	-

Nota: Elaboración propia.

Además, tiene las siguientes celdas que lo ubica en el gráfico, como se muestra en la Figura 46.

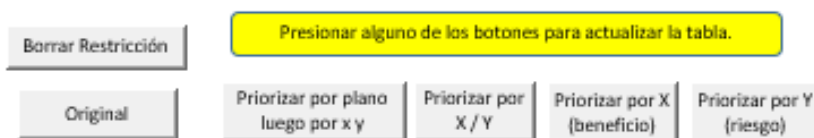
**Figura 46 Priorización**

Ubicación del plano	Nombre del cuadrante

Nota: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta lo que posee esta página, es importante destacar que solo se debe elegir con lista desplegable en la columna de “Graficar”, lo demás la herramienta lo va a generar con los botones grises que se encuentran en la parte posterior, como se observa en la Figura 47.

**Figura 47 Botones de priorización**



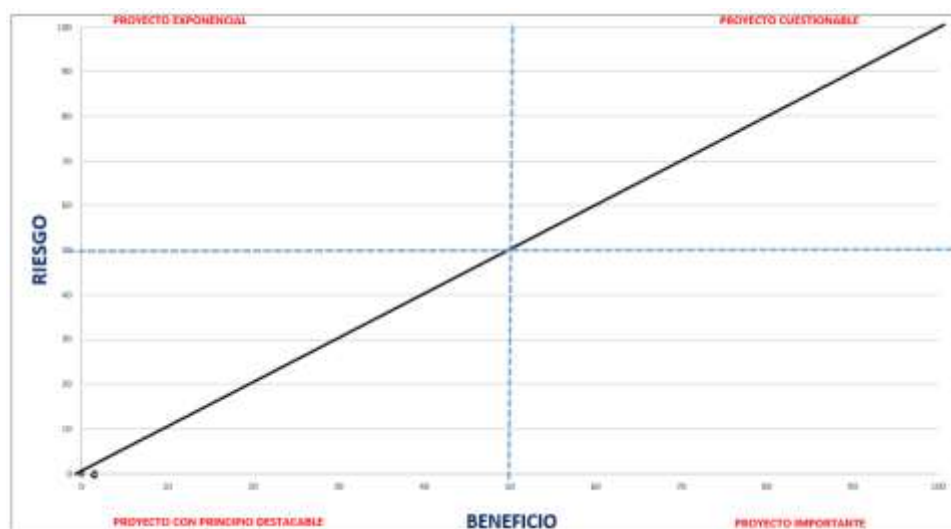
Nota: Elaboración propia.

Como se detalla en la explicación, se aconseja utilizar el “Priorizar por plano luego por x y”.

## Gráfica

Este punto, como se detalló en la introducción de la matriz, se utiliza para lograr ver de una forma gráfica en qué cuadrante se localiza el proyecto, se determinan cuatro cuadrantes, con dos ejes. Los ejes de riesgo y beneficio, por ejemplo, si el proyecto se encuentra en la parte superior derecha del gráfico es un proyecto con mucho beneficio, pero mayor riesgo, por lo tanto, se tiene que validar de nuevo si es importante priorizarlo o no. El gráfico se muestra en la Figura 48.

**Figura 48 Gráfico de priorización con cuadrantes**



Nota: Elaboración propia.

## Explicación de alineamiento

La última hoja del libro es la explicación del alineamiento, simplemente explica los porcentajes y por qué se eligió ese punto como importante para efectuar la priorización de un proyecto. Una parte de la tabla se muestra en la Figura 49.

**Figura 49 Explicación de los alineamientos y porcentajes otorgados**

Conductor de especificaciones de proyectos	Peso	Objetivos	Justificación
Fecha de entrega	10%	Garantizar que se cumpla la fecha de entrega	Este punto garantiza la importancia de que se cumpla la fecha de entrega planeada, por lo mismo se coloca la "X" cuando el proyecto tiene una fecha cercana
		Analizar que tan rápido están solicitando los proyectos	
Distancia de entrega del pedido	16%	Determinar qué tan largo se están solicitando los pedidos	Los tres objetivos buscan cumplir con las expectativas de clientes internacionales, mientras con más tiempo se envíe el producto menos es el costo, puesto que se puede enviar en un transporte más lento y económico
		Cumplir con la fecha de envío	
		Evitar los atrasos por asuntos de transporte, debido al destiempo	


Nota: Elaboración propia.

Para mejor comprensión se van a desarrollar los mismos dos proyectos que se explicaron en el método PERT.

Se comienza con la hoja de alineamiento, por lo tanto, se pone el tipo, el nombre corto y largo y se le va colocando las "X" en los recuadros que se crea que cumplen.

**Figura 50 Ejemplo de hoja de alineamiento**

En la siguiente imagen se muestra cómo se comienza a llenar la hoja de alineamiento

			Descripción	Fecha de entrega	Distancia de entrega del pedido	Tamaño del proyecto	Materia Prima	Duración	Holgura de actividades
			Se refiere a que tan cercana está la fecha de entrega desde el momento en que se está llenando la matriz	10%	16%	15%	25%	14%	20%
Proyecto	SUR	SUR QUÍMICA	Alto	X		X	X	X	
Proyecto	ACON	ACON CAMPOS VERDES	Medio	X				X	X

Nota: Fuente elaborado por Sebastián Núñez

Se le coloca el tipo que es, en este caso los dos son proyectos. Posteriormente, de acuerdo con la explicación se van colocando las equis, en el proyecto "Sur" se coloca en:

- Fecha de entrega, porque la fecha estaba cercana
- Tamaño de proyecto, debido a que tenía un tamaño considerable

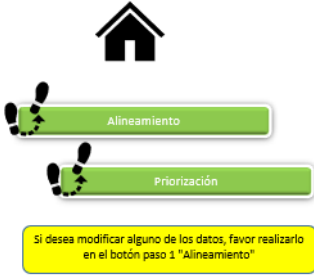
- Materia prima, porque se atrasaron con los pedidos de los materiales
- Duración, porque por los atrasos se considera que no se va a cumplir la fecha

En el proyecto “Acon” se coloca en las siguientes casillas:

- Fecha de entrega, debido a que la fecha de entrega está cerca
- Duración, porque se considera que no se va a cumplir lo previsto.
- Holgura de actividades, en caso de que tenga menos de 3 días de holgura en total.

Completando estos datos se pasa con la siguiente hoja, que es el cálculo. En esta hoja, gracias a las fórmulas de Excel, ya se tienen algunos datos, por ende, se procede a llenar lo faltante, como se aprecia en la Figura 51.

**Figura 51 Cálculo ejemplo**



				Peso			Beneficio			Riesgo														
		Bajo	Meor	20	60	100	Alineamiento	Frecuencia del cliente	Evaluación financiera	Criterio del jefe de producción	Material con un costo elevado	Financiero	Tiempo											
				Impacta entre 0% y 40% la Estrategia 4.0	Impacta entre 41% y 60% la Estrategia 4.0	Impacta 61% o más la Estrategia 4.0	Cientes infrecuentes	Cientes promedio	Cientes nuevos y VIP	El proyecto no muestra una gran ganancia	El proyecto muestra la ganancia necesaria	El proyecto supera las expectativas de las ganancias y se vuelve un cliente fiel	A criterio (0% o 1%)	A criterio (2% o 5%)	A criterio (6% o 10%)	Los materiales están a precio normal	Los materiales están a un 10% sobre el precio normal	Los materiales están a un 20% sobre el precio normal	Recupera justamente lo invertido	Recupera un poco menos de lo invertido	No recupera inversion	Se trabaja con el horario normal	Se tienen que poner pocas horas extras a la semana	Se tienen que poner muchas horas extras a la semana para completarlo
Tipo	¿Con restricción?	Nombre corto	Nombre largo (20 caracteres)	X	Y	X/Y	Alineamiento	Frecuencia del cliente	Evaluación financiera	Criterio del jefe de producción	Material con un costo elevado	Financiero	Tiempo											
Proyecto	No tiene	SUR	SUR QUÍMICA	88	48	1,83	Alto	Medio	Alto	8	Moderado	Menor	Moderado											
Proyecto	No tiene	ACON	ACON CAMPOS VERDES	60	62	0,97	Medio	Medio	Medio	6	Moderado	Menor	Mayor											

Nota: Elaboración propia.

En el caso de esta hoja solo se tuvo que colocar información en las casillas:

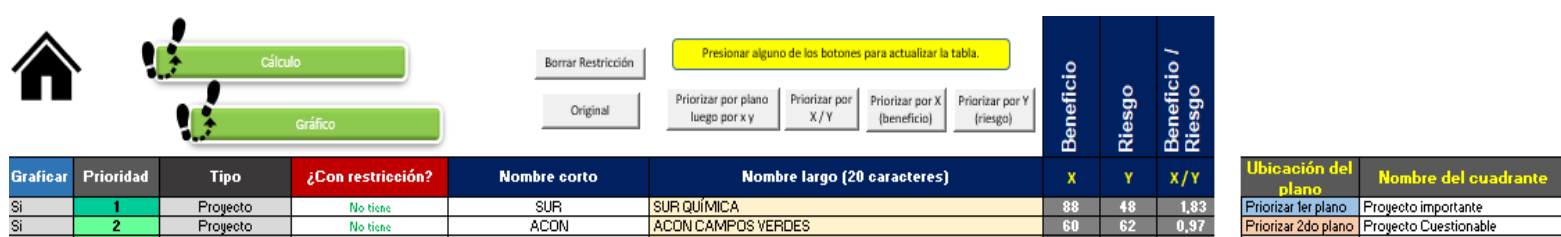
- ¿Con restricción?
- Frecuencia del cliente
- Evaluación financiera
- Criterio del jefe de producción
- Material con un costo elevado
- Financiero
- Tiempo

Leyendo las descripciones en los recuadros de arriba se procedió a llenar la información con la lista desplegable de la tabla.

Posteriormente se procede a la hoja importante, que es la priorización.

Se da clic en alguno de los botones explicados anteriormente, depende de cómo se quiera priorizar los proyectos en lista. En este caso se selecciona el botón “Priorizar por plano luego x y” y da los resultados apreciables en la Figura 52.

**Figura 52 Priorización ejemplo**

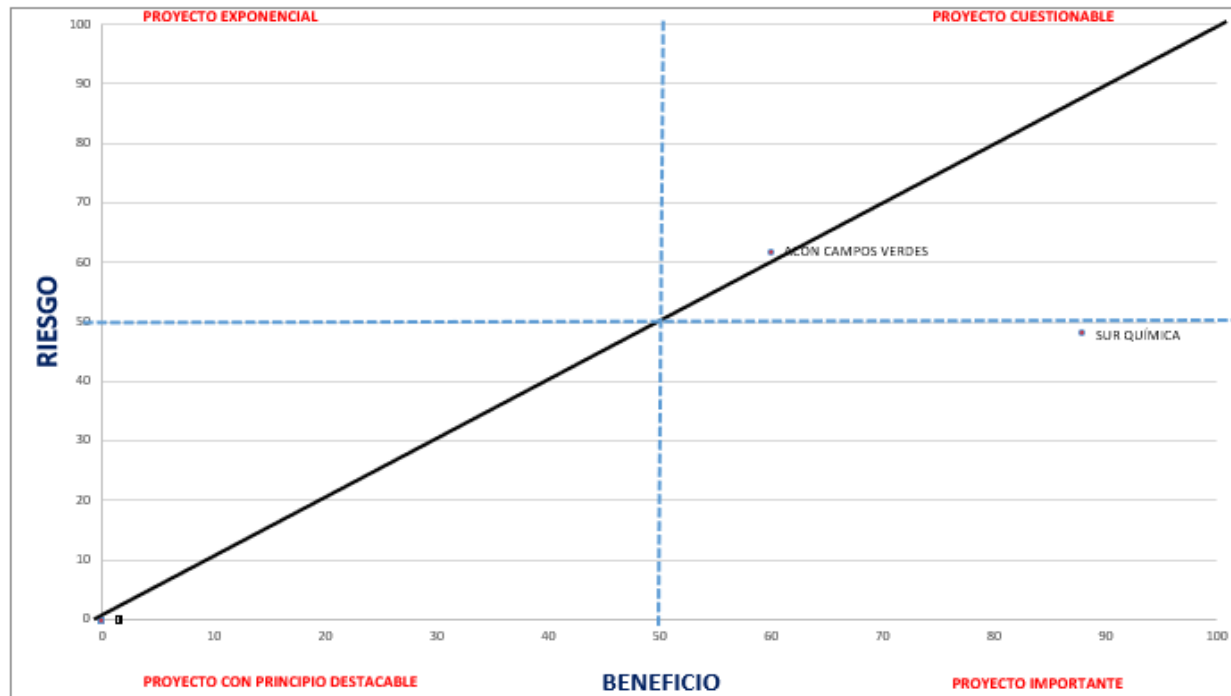


Nota: Elaboración propia.

Viendo los datos se demuestra que el proyecto que tiene prioridad es el proyecto SUR QUÍMICA, al ser categorizado como importante según su beneficio/riesgo, mientras el proyecto ACON CAMPOS VERDES es un proyecto cuestionable que tiene un beneficio/riesgo no muy acertado.

Se puede apreciar gráficamente los proyectos en la siguiente hoja (Figura 53).

*Figura 53 Gráfico ejemplo*



Nota: Elaboración propia.

Se nota en el gráfico anterior que los proyectos están en los cuadrantes que indica la priorización.

Como conclusión de la herramienta se determina que de los dos proyectos puestos en estudio el SUR QUÍMICA es considerablemente más importante, tomando en cuenta todos los puntos.

### **Evaluación económica**

La evaluación económica del proyecto incluye el análisis de los costos y beneficios de la propuesta, la relación entre estos dos valores determinara la factibilidad del proyecto.

Con el objetivo de disminuir al máximo los costos de la propuesta, se propone utilizar herramientas de fácil uso y bajo costo, con el afán de hacer más factible la propuesta y alinearla los planes de optimización de costos de la empresa.

### **Beneficios económicos**

Como se pudo determinar durante el análisis de la situación actual de la empresa, existen diversos factores y problemas que generan gastos innecesarios, como es el caso de las horas extra en el personal operativo.

Con una adecuada programación PERT se puede definir la duración de cada actividad y sus tiempos de holgura, lo cual permitirá a la empresa mejorar la distribución de trabajo y por ende la programación de sus proyectos. Por su parte, la matriz de priorización permitirá priorizar la asignación del trabajo y, por lo tanto, optimizar el tiempo laboral diario.

De acuerdo con el Código de Trabajo de Costa Rica en el capítulo segundo, artículo 139, el pago por horas extras corresponde a un 50% adicional al costo de la hora laboral del trabajador.

Para el análisis económico se estudiaron los ingresos percibidos por los 10 colaboradores de producción, donde 6 trabajadores reciben un salario de ₡350 000.00 colones brutos y 4 reciben un salario de ₡450 000.00 colones brutos mensuales.

En la Tabla 14 se establecen los montos en que incurre la empresa debido a la gestión que se realiza en los proyectos actualmente, estos gastos de producción se podrán minimizar o hasta eliminar con la implementación de la presente propuesta.

**Tabla 14 Costo de las horas extra por categoría salarial**

<b>Categoría salarial</b>	<b>Horas mensuales laboradas</b>	<b>Salario mensual por hora</b>	<b>Costo de la hora extra</b>
₡350 000.00	216	₡1 620	₡2 430
₡450 000.00	216	₡2 083	₡3 124,50

Nota: Elaboración propia.

Para efectos del presente estudio, se verificó con la empresa que cada trabajador labora diariamente 8 horas, por semana serían 48 horas, si tomamos en cuenta que se trabajen 4.5 semanas por mes, entonces las horas mensuales serían de 216 horas mensuales como se estableció en la Tabla 14.

De acuerdo con consultas realizadas a los encargados de la empresa, en promedio los colaboradores de producción consumen 40 horas extras mensualmente cada uno.

En la Tabla 15 se establecen los costos mensuales debido a las horas extras

**Tabla 15 Monto mensual por concepto de horas extras**

<b>Costo de la hora extra</b>	<b>Número de trabajadores</b>	<b>Cantidad mensual de horas extra</b>	<b>Gasto mensual total en horas extra</b>
₡2 430	4	40	₡388 800.00
₡3 124,5	6	40	₡749 880.00
<b>Total</b>	10	80	₡1 138 680.00

Nota: Elaboración propia.

Con la presente propuesta, la empresa puede conseguir un ahorro mensual de ¢1 138 680.00 aproximadamente debido a la disminución o eliminación del gasto mensual total en horas extra, esto representa un beneficio económico sostenible para la empresa.

### **Costos**

Tomando en cuenta la estrategia actual de la empresa de bajar costos en sus operaciones, se diseñó la propuesta con el objetivo de minimizar el impacto económico y maximizar sus beneficios, en este sentido se identificaron tres tipos de costos:

- Costo de elaboración de la propuesta.
- Costo de licenciamiento de *software*.
- Costos de capacitación.
- Costos de implementación de la propuesta.

#### **Costo de elaboración de la propuesta.**

El costo asociado a las horas profesionales de un ingeniero industrial dedicadas al desarrollo de la propuesta fue donado a la empresa como parte del compromiso adquirido por el autor para el desarrollo del proyecto, por lo tanto, su costo a razón del presente documento es de ¢0.00 colones.

#### **Costo de licenciamiento de *software*.**

La propuesta incluye la utilización de dos herramientas informáticas, Excel y el *software* conocido como “Creador PERT – CPM”.

En el primer caso, el costo asociado al licenciamiento del programa Excel está diluido en el costo de las 4 máquinas que utiliza el personal clave asociado a la capacitación, cuando se adquirieron esos equipos ya traían incorporadas las licencias respectivas, por lo tanto, su costo es de ¢0.00 colones.

Ahora bien, respecto a la herramienta Creador PERT – CPM, su costo es de ¢0.00 colones debido a que se trata de una herramienta de uso libre en la web, la escogencia de esta herramienta se basó en que la información que entraría en ella no está clasificada como confidencial por parte de la empresa ni representa ningún tipo de riesgo para esta.

### **Costos de capacitación.**

Congruente con la idea de que la propuesta sea lo más económica posible, se logró que el personal clave definido para recibir la capacitación de la propuesta, aparte un total de 15 horas para recibir la capacitación dentro de su jornada laboral ordinaria, por lo tanto, el costo en que la empresa tendrá que incurrir por la capacitación sería el costo por hora de salario de estos funcionarios, tomando en cuenta que el costo del capacitador sería de ¢0.00 porque correría por cuenta del autor.

El salario de estos funcionarios es confidencial de acuerdo con lo que indicó la empresa, por eso se les propuso poner una base de ¢1 000 000.00 colones por mes como referencia para el presente estudio, esta propuesta fue aprobada por la empresa.

Poniendo como base 8 horas diarias, 48 semanales, 96 quincenales y por tanto 192 horas mensuales (tomando un mes de 4 semanas a razón del presente documento), se logró determinar un costo por hora para estos funcionarios de ¢5 208 colones aproximadamente ( $¢1\ 000\ 000.00 / 192$  horas mensuales).

Debido a que cada funcionario debe apartar 15 horas para la capacitación (de acuerdo con el plan de implementación), el costo por persona sería de ¢78 120 ( $¢5\ 208 * 15$ ), si se proyecta a las 4 personas que recibirían la capacitación, el costo total por capacitación para la empresa ascendería a ¢312 480 ( $¢78\ 120 * 4$ ).

### **Costos de implementación de la propuesta.**

La implementación de la propuesta se realizará con recursos propios de la empresa, por lo tanto, se determinó un costo asociado a la implementación de ¢0.00.

### **Relación costo / beneficio de la propuesta**

El cálculo de costo-beneficio brinda una visualización más clara y simple del grado de factibilidad de la propuesta. Se realizó para medir la relación que existe entre los costos de la propuesta y los beneficios que otorga. Su objetivo es determinar si la inversión es rentable o no para una empresa.

A razón del presente estudio, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{Beneficios netos}}{\text{Costo de la propuesta}}$$

Si este valor es mayor a 1 la propuesta es rentable, en cambio, si es igual a 1 o menor, la propuesta debe ajustarse.

En el caso de la propuesta, el valor obtenido fue de:

$$\text{Rentabilidad} = \frac{\text{¢}1\,138\,680.00}{\text{¢}312\,480.00} = 3,64$$

Se determina así que la propuesta es rentable y por el momento no se tiene que ajustar.

Es importante destacar que el costo de la propuesta es un costo inicial para poder implementar las herramientas, posterior a la implementación la empresa seguirá recibiendo beneficios económicos debido a la eliminación de horas extra innecesarias.

### Plan de Implementación

Para la elaboración del plan de implementación de la propuesta se tomó en cuenta no afectar las horas laborales diarias de los cuatro funcionarios clave que tendrán la responsabilidad de ejecutar las acciones asociadas al nuevo plan de control y programación de proyectos.

La implementación de la propuesta incluye un total de 15 horas distribuidas a lo largo de 5 semanas para no afectar el trabajo diario. Se muestra en la Tabla 16.

*Tabla 16 Cronograma de implementación*

Actividades	Horas por semana				
	1°	2°	3°	4°	5°
Presentación de la propuesta	2				
Capacitación del método PERT		2			
Práctica del método PERT		2			
Capacitación de la matriz de priorización			3		
Práctica de la matriz de priorización			2		
Capacitación PERT + matriz de priorización				2	
Seguimiento a la implementación de las herramientas				1	1

Nota: Elaboración propia.

Se sabe que la matriz de priorización es extensa y se tiene que capacitar bastante para que se pueda comenzar a utilizar con éxito, ahí se encuentra el cuello de botella en la curva de aprendizaje de los encargados de la matriz. Como se detalló en el principio de la propuesta, la matriz de priorización se necesita el criterio de varias partes para hacerlo lo más objetivo posible y que sea lo más exacta.

En la Tabla 17 se presenta una breve descripción de cada una de las actividades programadas en el plan de implementación.

**Tabla 17** *Descripciones de las actividades del plan de implementación*

<b>Actividades</b>	<b>Descripción</b>
Conversación sobre la propuesta	Se tendrá una charla con los jefes encargados y se expondrá la propuesta terminada, las herramientas por utilizar y los beneficios y costos que presenta la propuesta.
Capacitación del método PERT	Se hablará del método PERT, de los beneficios que presenta la herramienta y por qué se debería de utilizar en la fábrica. Es corto porque solo se va a hablar y atender dudas de la herramienta.
Práctica de la utilización del método PERT	Se muestra el <i>software</i> y cómo se utiliza, se brindan todas las instrucciones necesarias y se enseña cómo se leen los recuadros que da el <i>software</i> . Se hace una actividad para que las personas puedan realizar un PERT y lo interpreten.
Capacitación de matriz de priorización	Se explica qué es una matriz de priorización, los distintos puntos que están involucrados para una correcta realización de la matriz, se presenta la matriz y se va explicando el paso a paso del proceso. Se ponen bastantes horas para responder preguntas de la actualización o modificación de la herramienta.

<b>Actividades</b>	<b>Descripción</b>
Capacitación de la relación del método PERT con la matriz de priorización	Se denota la relación que tienen las dos herramientas y cómo utilizar esa relación para comprender mejor las herramientas.
Práctica de la utilización de la matriz de priorización	Se obtendrán datos históricos de proyectos que se realizaron en fechas parecidas y se explicará cómo realizar con todos los datos y donde se tienen que colocar correctamente.
Comienzo de implementación de la herramienta	Se empieza a implementar la matriz para los proyectos y mensualmente se estará evaluando los resultados de la herramienta.

Nota: Elaboración propia.

Cumplir el plan de implementación tal y como esta en el cronograma permite que la herramienta se comience a utilizar lo antes posible, observando más rápido los resultados y permitiendo la nivelación de cualquier error del Excel en caso de la matriz de priorización y cambio de *software* en caso del PERT.

## REFERENCIAS

- Aguilar, J., Torres, R. y Magaña, D. (2010). Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 25(1), 15-26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48215094003>
- Arango, D. y Ángel, B. (2012). Plan de implementación de six sigma en el proceso de admisiones de una institución de educación superior. *Prospectiva*, 10(2), 13–21. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=496250734002>
- Behar, R., Grima, P. (2013). El histograma como un instrumento para la comprensión de las funciones de densidad de probabilidad. *Revista de didáctica de la Estadística*, (1), 229-235. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/revista?codigo=22101>
- Benítez, G. (Septiembre de 2020). *Determinación de la demanda de un producto para el proceso de distribución de un CEDIS. Pronóstico a través del modelo de regresión lineal simple*. ConaLog. [https://www.conalog.org.mx/uploads/1600123371575\\_ES\\_ARCHIVO\\_1.pdf](https://www.conalog.org.mx/uploads/1600123371575_ES_ARCHIVO_1.pdf)
- Blanco, A. (s.f.). La programación según el método Pert. *Vida Escolar*, 1(), 44-51. <https://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/78764/00820083009654.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cerdas, Y. (2016). *Propuesta de mejora para el sistema integrado de programación y control de la producción del departamento de set-up & stage-gingiva en el área de Norte América en la empresa INVISALIGN. [Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica]*. [www.uia.ac.cr](http://www.uia.ac.cr)
- Chacón, G. y Bustos, C. (2007). El MRP. *Visión Gerencial*, (1), 5–17. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=465545875010>
- Consuegra, O. (2015). Metodología AMFE como herramienta de gestión de riesgo en un hospital universitario. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 11(20), 37-49. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=409640743004>

- Espinoza, N. (2012). *Propuesta de mejora del Sistema de Programación y Control de la producción, en el proceso de impresión de la empresa Fotolit S. A., con el fin de aumentar la productividad. [Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica].* [www.uia.ac.cr](http://www.uia.ac.cr)
- González, J. (2018). *Propuesta de mejora del sistema integrado de programación y control de la producción en el tiempo de alisto de fórmulas utilizadas en la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos. [Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica].* [www.uia.ac.cr](http://www.uia.ac.cr)
- Gutiérrez, J. (2016). *Propuesta de diseño del Sistema Integrado de Programación y control de la producción para el proceso productivo de bolis de la empresa Alimentos Cónica S. A. (ACSA). [Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica].* [www.uia.ac.cr](http://www.uia.ac.cr)
- Heizer, J. y Barry, R. (2009). *Principios de administración de operaciones.* Pearson Prentice Hall. <https://clea.edu.mx/biblioteca/files/original/47cb70cab6ec78aa65b34e6c70ce8822.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación.* Mc Graw Hill Education.
- Hodson, W. (2001). *Manual del Ingeniero Industrial I.* McGrawHill.
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas. (2009). *Herramientas para la mejora de la calidad.* Impresión. <https://qualitasbiblo.files.wordpress.com/2013/01/libro-herramientas-para-la-mejora-de-la-calidad-curso-unit.pdf>
- Jiménez, H. (Diciembre de 2010). *Propuesta de rediseño del sistema integrado de programación y control de la producción, de la empresa Nutriquím S. A. [Bachillerato en Ingeniería Industrial, Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica].* [www.uia.ac.cr](http://www.uia.ac.cr)
- Mendoza, M. (s.f.). *Pronósticos y Estadística para la administración.*[Diapositivas]. México: ITAM . <http://allman.rhon.itam.mx/~mendoza/EyP.pdf>
- Niebel, B., y Frievalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial, Métodos, estándares y diseño de trabajo.* Mc Graw Hill. <https://dokumen.tips/documents/ingenieria-industrial-12ma-niebel-569334a6e853d.html?page=1>

- ONU mujeres. (2010, 31 octubre). *Indicadores*. Centro virtual de conocimiento para poner fin a la violencia contra las mujeres y niñas. <https://www.endvawnow.org/es/articles/336-indicadores.html>
- Ortiz, V. y Caicedo, Á. (2014). Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado. *Scientia Et Technica*, 19(4), 377–384. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84933912004>
- Padid. (2014). ¿Que es un proyecto? *Programa de apoyo a la docencia, investigación y difusión de las artes*, 1(), 1-5. <https://www.cenart.gob.mx/wp-content/uploads/2014/08/Gu%C3%ADa-PADID-2014.docx.pdf>
- Ramírez, J. (s.f.). *Procedimiento para la elaboración de un análisis FODA como una herramienta de planeación estratégica en las empresas*. Instituto de Investigaciones y Estudios Superiores de las Ciencias Administrativas de la Universidad Veracruzana. Ciencias Administrativas 2009. <https://www.uv.mx/iesca/files/2012/12/herramienta2009-2.pdf>
- Ramírez, S., Rojas, A. y García, P. (2013). *Manual para la elaboración de cuadros y gráficos estadísticos*. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS). [https://www.mtss.go.cr/perfiles/lineamientos\\_circulares\\_directrices\\_politicas\\_internas/lineamientos-circulares-directrices-politicas%20internas/manual\\_cuadros\\_graficos.pdf](https://www.mtss.go.cr/perfiles/lineamientos_circulares_directrices_politicas_internas/lineamientos-circulares-directrices-politicas%20internas/manual_cuadros_graficos.pdf)
- Retos en Supply Chain. (2021, 17 mayo). *¿Cómo es la estructura de un proyecto?* EAE Business School. <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/como-es-la-estructura-de-un-proyecto/>
- Reyes, Y., Díaz, M., Gutiérrez, E. y Mula, J. (2017). Plan maestro de producción bsasado en la programación lineal entera para una empresa de productos químicos. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 24(),147-168. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=233154079005>
- Rodríguez, M. y Ordóñez, R. (2012). Modelo de gestión para la calidad en las prácticas de pedagogía. *Profesorado*, 16(3), 357–372. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56725002018>
- Solar, R., Chacón, I. y Ponce, M. (2008). Plan Agregado de Producción en barracas madereras. Estudio de caso para una pequeña industria. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 10(2),77-92. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48510201>

- Tamayo, A., y Urquiola, I. (18 de diciembre de 2014). Concepción de un procedimiento para la planificación y control de la producción haciendo uso de herramientas matemáticas. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 18(),130-146. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=233132797008>
- Tejada, N., Gisbert, V. y Pérez, A. (2017). Metodología de estudio de tiempo y movimiento; Introducción al GSD. *Área de innovación y desarrollo*, 1(),39-49. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.39-49>
- Terrazas, R. (2011). Planificación y programación de operaciones. *Perspectivas*, (28),7-32. <https://www.redalyc.org/pdf/4259/425941257002.pdf>
- Trujillo, E. (s.f.). *Definición de demora*. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/demora.html>
- Vermorel, J. (Octubre de 2020). *Tiempo de entrega*. Lokad. <https://www.lokad.com/es/tiempo-de-entrega-lead-time>

## APÉNDICE

Figura 54 A1

Matriz de priorización	
Hoja de Excel	Descripción
<b>Ir al menú</b>	Se debe seguir el orden del paso 1 al paso 4. Se debe marcar con "X" los conductores de de especificaciones de proyectos predefinidos, con lo que se obtiene un valor automático para el alineamiento.
<b>Alineamiento (paso 1)</b>	En la hoja "Explicación alineamiento" se puede visualizar la relación de los conductores y también la justificación de porque se toma ese punto como importante. Así mismo, en caso de necesitar modificar algún dato se debe de realizar en la hoja "Alineamiento".
<b>Cálculo (paso 2)</b>	En la columna "C" y de la columna "I" a la "O" se debe seleccionar la opción que mejor le aplique al componente, de las que se despliegan, es importante decir que se tiene que hacer en trabajo en equipo, puesto que usualmente tener un criterio podría afectar el proyecto. Así mismo, en caso de necesitar modificar algún dato se debe de realizar en la hoja "Alineamiento".
<b>Priorización (paso 3)</b>	Se deben presionar los botones color gris. La recomendación es priorizar por el botón denominado: "Priorizar por plano luego por a y".
<b>Gráfica (paso 4)</b>	Así mismo, en caso de necesitar modificar algún dato se debe de realizar en la hoja "Alineamiento". Debe que visualizar gráficamente en que cuál entre se encuentran todos los proyectos.

Figura 55 A2

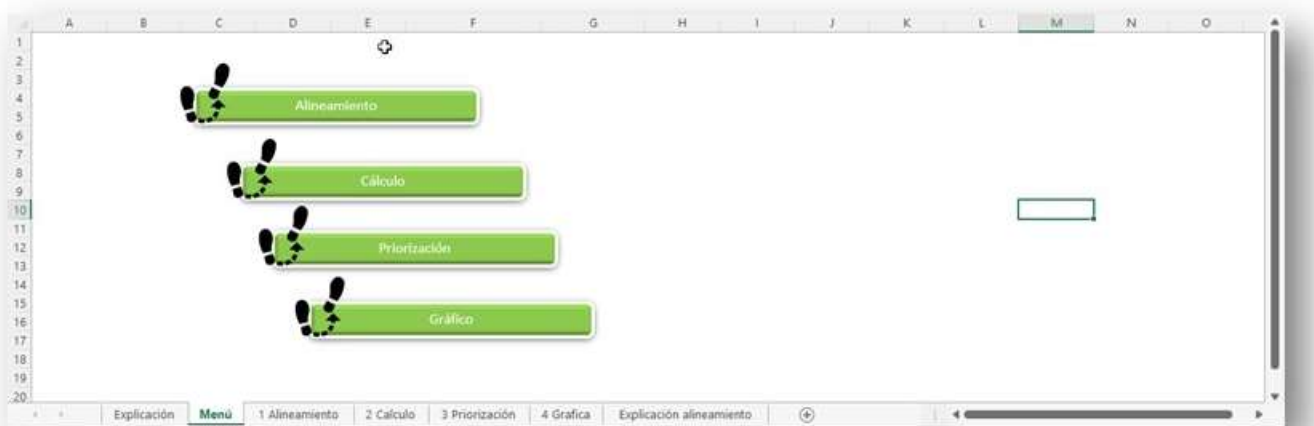




Figura 58 A5

The screenshot shows a software interface with a data table. The table has the following columns: 'Beneficio', 'Riesgo', and 'Beneficio / Riesgo'. The 'Beneficio' column is highlighted in green, and the 'Riesgo' column is highlighted in yellow. The 'Beneficio / Riesgo' column is highlighted in grey. The table is part of a larger application with a menu bar at the bottom containing 'Explicación', 'Menú', '1 Alineamiento', '2 Calculo', '3 Priorización', '4 Grafica', and 'Explicación alineamiento'.

Figura 59 A6

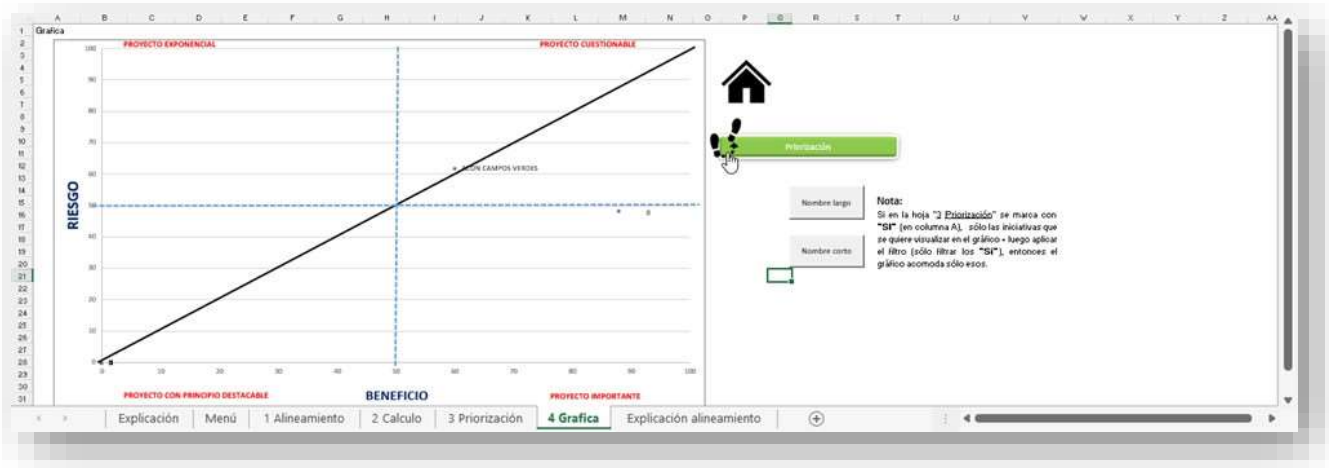



Figura 60 A7



Criterio de especificaciones de proyecto	Peso	Objetivos	Justificación
Fecha de entrega	10%	<p>Garantizar que se cumpla la fecha de entrega.</p> <p>Asesorar que los ítems sean entregados los proyectos.</p>	Este punto garantiza la importancia de que se cumpla la fecha de entrega planteada, por lo mismo se otorga la "10" cuando el proyecto tiene una fecha fija.
Definición de entrega del pedido	10%	<p>Determinar que el pago se materialice al recibir los pedidos.</p> <p>Cumplir con la fecha de envío.</p> <p>Evitar los errores por asuntos de empresa, debido al tiempo.</p>	Los tres objetivos buscan cumplir con las expectativas de clientes internacionales, mientras con más tiempo se envía el producto menor es el costo, puesto que se puede enviar en un transporte más lento y económico.
Tamaño del proyecto	10%	<p>Analizar que los grandes proyectos y el tiempo del pedido se pueda cumplir.</p>	Determinando el tamaño del proyecto y generar alertas y datos técnicos se puede analizar un intervalo de tiempo de duración, para conocer si se puede cumplir con las expectativas del cliente.