UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

REDISEÑO DE PLANTA Y RED ELÉCTRICA EN LA EMPRESA INSEIN ECUADOR

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Erazo Quelal Jose Luis

Tutor

Ing. Juan Joel Segura D´Rouville M.Sc.

QUITO– ECUADOR
2026

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.

Yo, Jose Luis Erazo Quelal, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre "REDISEÑO DE PLANTA Y RED ELÉCTRICA EN LA EMPRESA INSEIN ECUADOR", como requisito para optar al grado de Ingeniero y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 26 días del mes de ENERO de 2026, firmo conforme:

Autor: Jose Luis Erazo Quelal

Firma:

Número de Cédula: 1716982770

Dirección: Pichincha, Quito, Condado.

Correo Electrónico: jerazo13@indoamerica.edu.ec

Teléfono: 0992712645

APROBACIÓN DEL TUTOR.

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “REDISEÑO DE PLANTA Y RED ELÉCTRICA EN LA EMPRESA INSEIN ECUADOR” presentado por Jose Luis Erazo Quelal, para optar por el Título Ingeniero Industrial,

CERTIFICO

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 26 de febrero del 2026

JUAN JOEL SEGURA DROUVILLE

Firmado digitalmente por JUAN JOEL SEGURA DROUVILLE
Fecha: 2026.03.28 09:39:34 -05'00'

.....

Ing. Juan Joel Segura D´Rouville M.Sc.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.

Quien suscribe, declaro que los contenidos y resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 26 de febrero 2026

……..

Jose Luis Erazo Quelal

CI: 1716982770

APROBACIÓN DE LECTORES.

El trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el tema: REDISEÑO DE PLANTA Y RED ELÉCTRICA PARA EL EMPRESA INSEIN ECUADOR, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 1 de marzo de 2026

BLANCA LILIANA TOPON VISARREA

Firmado digitalmente por BLANCA LILIANA TOPON VISARREA
Fecha: 2026.03.30 11:37:11 -05'00'

…….

Ing. Blanca Liliana Topón Visarrea. M. Sc.

Christian Eduardo Iza Llumigusin

Time Stamping Security Data

……..

Ing. Christian Eduardo Iza Llumigusin. M. Sc.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi familia, mi esposa, mi hija, mi madre y hermanas, en las cuales encontré la fuerza y coraje para empezar la carrera y la paciencia y apoyo incondicional que me permiten ahora terminar este proceso de formación profesional.

A todos los amigos y conocidos que de alguna manera también me ayudaron para poder continuar y avanzar a la meta que tenía trazada.

AGRADECIMIENTO.

Primero a Dios, por permitirme los recursos, el tiempo y la sabiduría para poder afrontar este nuevo reto en mi vida.

A mi esposa y mi hija por ser el motor que me mantiene firme y me permite seguir adelante.

A mis docentes que en toda la carrera me han sabido impartir sus conocimientos para ser un mejor profesional.

A mi tutor de tesis, gracias por sus consejos, por su tiempo y por el conocimiento extra en cada tutoría.

Contenido

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....I

APROBACIÓN DEL TUTOR. II

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD. III

APROBACIÓN DE LECTORES. IV

DEDICATORIA V

AGRADECIMIENTO. VI

Capítulo I 3

Introducción. 3

Antecedentes. 6

Marco teórico. 8

Justificación. 10

Objetivos. 11

Objetivo General. 11

Objetivos Específicos. 12

Capítulo II 12

Ingeniería del Proyecto 12

Diagnóstico de la situación actual de la empresa. 12

Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa) 15

Diagrama de Pareto. 18

Auditoría energética de la empresa 31

Levantamiento de carga monofásica y trifásica. 36

Estudio lumínico de cada puesto de trabajo. 40

Conclusión del diagnóstico. 48

Área de estudio 48

Modelo Operativo 50

Desarrollo del modelo operativo. 51

Capítulo III 52

Propuesta y Resultados Esperados 52

Presentación de la propuesta. 52

Desarrollo de propuesta. 54

Rediseño de planta de producción. 54

Obtención de áreas totales de las máquinas. 54

Aplicación del método de Guerchet.Tabla 12. Cálculo de las superficies de los equipos. Método Guerchet. 47

Identificación de las diferentes zonas de trabajo en la planta de producción. 49

Aplicación del Software POM QM para ubicación de equipos. 55

Diseño de circuito de alumbrado. 62

Índice de local (Método de Lúmenes) 65

Modelado de sistema de iluminancia. 67

Aplicación del Software DIALux Evo. 68

Rediseño de red eléctrica 75

Consideraciones para el rediseño de la red de fuerza. 75

Cálculo de la corriente del conductor desde el transformador hasta el tablero de distribución. 78

Cálculo de corriente y potencia para cada uno de los circuitos de fuerza. 81

Canalización para conductores del circuito de fuerza. 83

Consideraciones para el circuito monofásico. 84

Dimensionamiento del transformador. 86

Cálculo de potencia reactiva para circuitos de potencia y alumbrado. 87

Dimensionamiento de Transformador Eléctrico. 89

Valoración económica del proyecto. 92

Costo total del proyecto. 94

VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno) 95

Cálculo de VAN 96

Cálculo de TIR 98

Diagrama de Gantt para instalación de red eléctrica. 98

Curva “S”. 100

Capitulo IV 102

Conclusiones. 102

Recomendaciones. 103

Bibliografía. 104

Anexos. 109

Índice de Tablas.

Tabla 1. Frecuencia Estimada. 16

Tabla 2. Método de Cálculo. 21

Tabla 3. Valor de Constante K 22

Tabla 4. Cálculo de Superficies de Equipos Fijos. 23

Tabla 5. Auditoría Energética a Planta de Producción. 32

Tabla 6. Levantamiento de Carga Trifásica y Monofásica. 36

Tabla 7. Características Técnicas del Transformador Eléctrico. 40

Tabla 8. Auditoría Lumínica a cada puesto de Trabajo. 42

Tabla 9. Características del Luxómetro. 45

Tabla 10. Inventario de Luminarias. 46

Tabla 11. Área de Estudio. 48

Aplicación del método de Guerchet.Tabla 12. Cálculo de las superficies de los equipos. Método Guerchet. 47

Tabla 13. Zonas de Trabajo de la Planta de Producción. 49

Tabla 14. Metraje de cada zona. 51

Tabla 15. Matriz de Interrelaciones. 54

Tabla 16. Promedio de Luxes en la Planta de Producción. 66

Tabla 17. Correspondencia entre Calibre y Protección. 72

Tabla 18. Resumen de Requerimientos para Sistema de Iluminación. 74

Tabla 19. Circuito Trifásico. 76

Tabla 20. Factor de Temperatura. 78

Tabla 21. Factor Número de Conductores. 79

Tabla 22. Componentes Eléctricos para Circuito de Fuerza. 83

Tabla 23. Canalización para Circuito de Fuerza. 84

Tabla 24. Circuitos Monofásicos de la Planta de Producción. 84

Tabla 25. Potencia Reactiva de Circuitos de Fuerza. 87

Tabla 26. Potencia Reactiva de Circuitos Monofásicos y de Alumbrado. 88

Tabla 27. Costo de Traslado de Maquinaria. 92

Tabla 28. Costo de Materiales Eléctricos. 93

Tabla 29. Costo de Instalaciones Eléctricas. 94

Tabla 30. Costo Total del Proyecto. 95

Tabla 31. Diagrama de Gantt. 99

Tabla 32. Valores para Curva S. 100

Índice de Figuras.

Figura 1. Tendencias de consumo de energía. 4

Figura 2. Consumo energético en la Industria del Ecuador. 5

Figura 3. Organigrama de la empresa INSEIN 14

Figura 4. Diagrama Causa-Efecto de la deficiencia de organización en la planta. 15

Figura 5. Diagrama de Pareto. 18

Figura 6. Distribución actual de equipos y maquinaria. 19

Figura 7. Metodología de Guerchet. 20

Figura 8. Superficies de Guerchet de cada equipo fijo. 24

Figura 9. Cursograma analítico Planta de Producción 30

Figura 10. Tablero de Distribución Principal. 35

Figura 11. Conductores eléctricos sin protección. 35

Figura 12. Tabla de capacidades de conductores 39

Figura 13. NTE INEN 2969-1 41

Figura 14. Luminarias del Área de Producción. 47

Figura 15. Modelo Operativo. 50

Figura 16. Área de reubicación de las máquinas. 52

Figura 17. Ubicación de INSEIN Ecuador. 53

Figura 18. Códigos de prioridad de cercanía. 53

Figura 19. Gráfica actual de Inter relaciones entre departamentos. 55

Figura 20. Software QM for Windows 56

Figura 21. Nombre del proyecto. 57

Figura 22. Matriz de recorridos semanal entre departamentos. 58

Figura 23. Distancias entre departamentos. 58

Figura 24. Layout mejorado de distribución de máquinas. 59

Figura 25. Distribución mejorada. 59

Figura 26. Propuesta de Ubicación de maquinaria en Planta. 60

Figura 27. Cursograma analítico propuesto 61

Figura 28. Tipos de alumbrado. 63

Figura 29. Especificaciones técnicas de luminaria 68

Figura 30. Ubicación de las luminarias. 69

Figura 31. Luminaria Philips. 70

Figura 32. Resultados obtenidos 71

Figura 33. Capacidad de conductores eléctricos. 80

Figura 34. Características de interruptores magnéticos. 82

Figura 35. Tabla de trasformadores eléctricos. 90

Figura 36. Cálculo de TIR 98

Figura 37. Curva S del proyecto 101

Índice de Ecuaciones.

Ecuación (1) 54

Ecuación (2) 54

Ecuación (3) 55

Ecuación (4) 55

Ecuación (5) 56

Ecuación (6) 56

Ecuación (7) 65

Ecuación (8) 66

Ecuación (9) 73

Ecuación (10) 74

Ecuación (11) 78

Ecuación (12) 81

Ecuación (13) 82

Ecuación (14) 86

Ecuación (15) 86

Ecuación (16) 86

Ecuación (17) 89

Ecuación (18) 97

Índice de Anexos.

Anexo (1). Norma Ecuatoriana de la Construcción. 109

Anexo (2). Luminarias de Zona de Torno CNC. 110

Anexo (3). Aprobación de Abstract por Departamento de Idiomas. 111

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: REDISEÑO DE PLANTA Y RED ELÉCTRICA DE LA EMPRESA INSEIN ECUADOR

AUTOR: Jose Luis Erazo Quelal

TUTOR: M. Sc. Juan Joel Segura D¨Rouville

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se realiza en la empresa INSEIN Ecuador ubicada en la ciudad de Quito, en la misma se detectan algunos problemas tales como: mala distribución de los equipos en planta, red eléctrica que incumple la norma NEC y un alumbrado ineficiente para las actividades que se realizan en la misma. Por lo antes expuesto es necesario rediseñar la planta de producción y la red de distribución eléctrica, mediante criterios de ingeniería y normas técnicas de construcción para un mejor desenvolvimiento de las operaciones. La metodología empleada incluye el método de Guerchet, diagrama de Ichikawa y Pareto, el software DIAlux, para el diseño de la red de alumbrado y para fuerza se utiliza la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC, Cap15 2018). Se obtuvo como resultado al aplicar la metodología de Guerchet un espaciamiento adecuado entre los puestos de trabajo, una red de alumbrado al aplica DIAlux que garantiza un nivel luminoso de 300 y 500lux respectivamente que demandan los puestos de trabajo en función de la actividad que se realizan en los mismos. Además, la red de fuerza cumple fue diseñada en base a los requisitos indicados en la Norma (NEC), se propuso un transformador de 75kVA, el cual satisface la carga instalada con un 20% de reserva. Se concluye que el costo total correspondiente a la aplicación del proyecto ascienda a un valor de $11,178.39 garantizándose de esta forma un flujo adecuado de producción, tiempos mínimos de operación, calidad de servicio eléctrico y condiciones laborales apropiadas al personal.

DESCRIPTORES: red eléctrica, rediseño de planta, red de alumbrado.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER

THEME: PLANT AND ELECTRICAL NETWORK REDESING OF THE COMPANY INSEIN ECUADOR

AUTHOR: Jose Luis Erazo Quelal

TUTOR: M. Sc. Juan Joel Segura D´Rouville

ABSTRACT

This research was conducted at the INSEIN Ecuador facility located in Quito, where several critical issues were identified: suboptimal plant layout, an electrical network that fails to comply with the National Construction Code (NEC), and an inefficient lighting system for the operational activities performed on-site. Consequently, it is necessary to redesign the production plant and the electrical distribution network using engineering criteria and technical construction standards to optimize operational performance. The methodology employed includes the Guerchet method for layout planning, Ishikawa and Pareto diagrams for root cause analysis, and DIAlux software for the lighting system design. For the power network, the Ecuadorian Construction Code (NEC, Chapter 15, 2018) was applied. The results obtained through the Guerchet methodology provided adequate spacing between workstations. The lighting network designed via DIAlux ensures luminous levels of 300 and 500 lux, respectively, meeting the specific requirements of the tasks performed at each station. Furthermore, the power distribution network was designed in accordance with NEC requirements, proposing a 75kVA transformer that satisfies the installed load with a 20% reserve capacity. It is concluded that the total project implementation cost amounts to $11,178.39, thereby guaranteeing an efficient production flow, minimized operational times, high-quality electrical service, and appropriate working conditions for personnel.

KEYWORDS: electrical network, plant redesing, lighting network.

Anexo (3).

Aprobación de Abstract por Departamento de Idiomas.

Capítulo I

Introducción.

El rediseño de plantas y red eléctrica en entornos industriales representa una estrategia clave para aumentar la eficiencia operativa, seguridad laboral, y la sostenibilidad energética. Paralelamente, la modernización de la red eléctrica, mediante la separación de circuitos de fuerza y de alumbrado, la implementación de luminarias LED conforme a la norma UNE 12464-1 y la selección adecuada de conductores y transformadores según la NEC (Norma Ecuatoriana de Construcción) garantiza el suministro confiable, reduce el riesgo de accidentes y contribuye a una reducción significativa de consumo energético.

El rediseño de plantas es una práctica global que responde a cambios tecnológicos, económicos y ambientales, según estudios recientes y casos documentados, empresas han logrado trasladar operaciones a espacios hasta un 30% más pequeños sin perder eficiencia. (Ortiz, 2024).

La electricidad es un medio de mejoramiento para los países, como lo menciona (Doignon, 2025), en la actualidad, contar con acceso a distintas fuentes de energía es un factor clave para el desarrollo de los países y para asegurar condiciones de vida adecuadas para la población. Dentro de estas fuentes, la energía eléctrica ocupa un lugar muy importante, ya que es una de las más utilizadas a nivel mundial y resulta indispensable para el funcionamiento de numerosas actividades, servicios y procesos en la vida diaria.

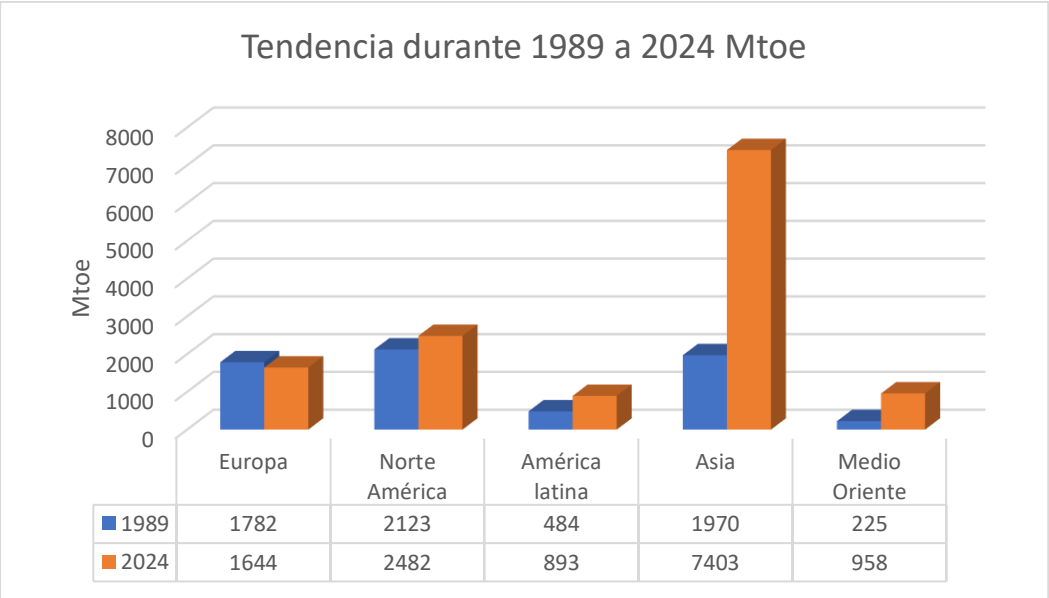
La energía eléctrica se considera una de las formas de energía más utilizadas a nivel mundial, debido a su amplia aplicación en diferentes ámbitos de la sociedad, siendo China uno de los mayores consumidores hasta el 2024, como se muestras en la **Figura *1*** llegando a tener un 27% del consumo de energía mundial.

Según (Enerdata, 2024) durante el año 2024, el consumo global de energía presentó un incremento aproximado del **2,2 %**, superando el comportamiento histórico registrado entre

2010 y 2019, periodo en el cual el crecimiento promedio fue cercano al **1,5 % anual**. Este aumento estuvo asociado principalmente a economías que en conjunto representaron alrededor del **43 % del consumo energético mundial en 2024**, las cuales experimentaron un crecimiento económico significativo.

Figura 1.

Tendencias de consumo de energía.



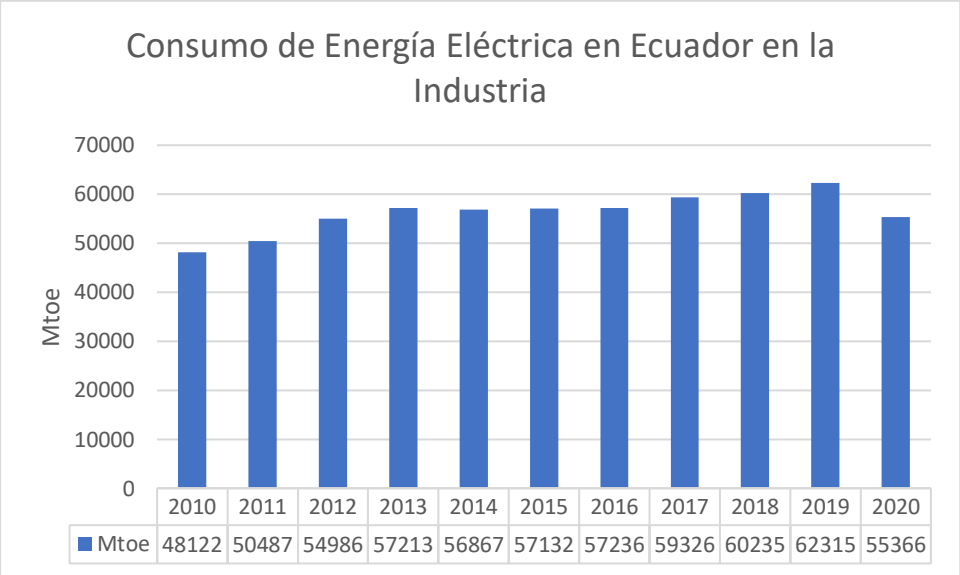
Nota. Elaborado por el autor. Información tomada de Enerdata, Mtoe corresponde a millones de toneladas equivalentes de petróleo.

En Ecuador según (Minas, 2020) la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica define como propósito fundamental garantizar la entrega del servicio eléctrico a los consumidores. Para ello se contemplan diversas actividades dentro del sistema eléctrico nacional, tales como la generación, transmisión, distribución, comercialización, así como la importación y exportación de energía eléctrica. Asimismo, esta normativa establece que el suministro del servicio debe cumplir criterios de calidad, confiabilidad y seguridad, además de asegurar la prestación del alumbrado público general cuando este sea requerido, conforme a las regulaciones vigentes.

Entre el 2010 y 2019, el consumo energético en la industria ecuatoriana mostró un crecimiento constante, como se puede ver en la **Figura *2***, reflejando una expansión en el sector industrial y una mayor demanda energética. Sin embargo, en 2020 se produjo una caída significativa, probablemente causada por las consecuencias de la pandemia del COVID 19 en la actividad económica.

Figura 2.

Consumo energético en la Industria del Ecuador.



Nota. Elaborado por el autor, información tomada de (Renovables, 2020).

En sector industrial en Quito demuestra un auge grande de crecimiento ya que en los diferentes parques industriales y sectores industriales existe una alta demanda de energía eléctrica. La Empresa Eléctrica Quito, (eeq.com, 2025) su propósito principal es garantizar el acceso al servicio de energía eléctrica mediante la construcción, ampliación o modernización de las redes de distribución, con el fin de impulsar las actividades productivas y fortalecer sectores fundamentales como el bienestar social, salud y educación. De esta manera, se busca contribuir al desarrollo individual y comunitario, así como al promover una mejora en la calidad de vida de los habitantes, en cumplimiento de lo establecido en la Constitución de la República del Ecuador.

En la empresa INSEIN ECUADOR se ha identificado una problemática derivada del incremento progresivo del inventario de maquinaria y equipos industriales. Actualmente, la planta de Producción opera en un espacio físico que ya no responde adecuadamente a las necesidades de expansión y crecimiento operativo, generando limitaciones en la distribución de equipos y en el desarrollo eficiente de las actividades productivas.

Ante esta situación, se plantea la reubicación de la planta de Producción hacia un sector de la empresa que dispone de mayor capacidad de espacio. No obstante, este nuevo emplazamiento no cuenta con infraestructura eléctrica instalada, ni con un sistema de iluminación adecuado, lo que obliga a desarrollar un diseño integral que contemple la red eléctrica de fuerza, el sistema de alumbrado y la distribución técnica de planta.

El rediseño deberá garantizar el abastecimiento seguro y eficiente de energía eléctrica para todos los equipos y maquinaria industrial, optimizar el flujo de trabajo entre los distintos puestos operativos y asegurar niveles adecuados de iluminación en cada estación, conforme a criterios técnicos y normativos.

Cabe señalar que, al mes en curso, el consumo eléctrico registrado por la empresa es de aproximadamente 2,1 kWh, dato que servirá como referencia inicial para el dimensionamiento del nuevo sistema eléctrico.

Antecedentes.

INSEIN ECUADOR, es una empresa con presencia en el sector industrial de más de 15 años, ubicada al norte de la cuidad capital, la misma brinda servicios de reparación, mantenimiento y fabricación de equipos y maquinaria hidráulica y neumática. Para tal servicio cuenta con máquinas-herramientas, máquina de corte de electroerosión por hilo, compresor de aire, sierra eléctrica circular, esmeril de banco, amoladoras, equipos de soldadura y herramientas de mano en general.

No obstante, se han detectado problemas en la red eléctrica que afectan el rendimiento y la seguridad operativa. Estas dificultades se relacionan con una infraestructura antigua, ampliaciones realizadas sin planificación técnica, sobrecargas recurrentes y la ausencia de documentación actualizada, lo que eleva el riesgo de fallos por sobrecalentamiento y pérdidas energéticas.

La Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC, 2015) exige que las instalaciones eléctricas protejan a las personas frente a los riesgos eléctricos y cumplan con estándares de calidad que garanticen un servicio continuo. Esta normativa establece criterios para el diseño y renovación de sistemas eléctricos, incluyendo iluminación y distribución de energía.

En el ámbito académico, existen estudios que abordan temas similares, como, por ejemplo, el de (Tipantiza, 2024), quien propone rediseñar los circuitos eléctricos y de iluminación de una empresa de cámaras de frío debido a deficiencias en su sistema actual. Además del trabajo de (Andrade, 2025), donde propone su rediseño aplicando la normativa ecuatoriana, evaluando cargas y realizando una auditoría eléctrica.

También (Bryan, 2024), donde el estudio analiza la infraestructura eléctrica de INDICOMS, una auditoría reveló que la red actual cumple solo parcialmente las normativas NEC y UNE 12464-1. El objetivo es modernizar y optimizar la red para mejorar la eficiencia y la seguridad. Todos estos trabajos de titulación servirán de guía para encontrar los parámetros de rediseño de planta y red eléctrica de la planta de Producción.

El rediseño de la planta y la red eléctrica de INSEIN Ecuador responde a la necesidad de optimizar la eficiencia operativa, garantizar la seguridad eléctrica conforme a normativas vigentes, y preparar la infraestructura para futuras expansiones tecnológicas y productivas. Actualmente, se identifican limitaciones en la distribución energética, la disposición de equipos y la capacidad de respuesta ante fallos, lo que impacta directamente en la continuidad del negocio y en los costos operativos, por lo que, la mejora en la confiabilidad del sistema

eléctrico ayudará en reducir riegos de sobrecargas, caída de tensión y fallos por diseño obsoleto, esta propuesta busca no solo resolver los problemas actuales, sino también posicionar a INSEIN ECUADOR como una empresa preparada para los desafíos industriales del futuro, con una estructura segura, robusta y adaptable.

Marco teórico.

Dado el alcance y enfoque de este trabajo de titulación, se hace necesario conocer los conceptos, normas y reglamentaciones y la manera en que se relacionan y aportan significativamente al avance de este proyecto, estas son las siguientes:

Eficiencia operativa: La eficiencia operativa es un elemento esencial dentro de las organizaciones, ya que se relacionan con la capacidad de una empresa para aprovechar de forma adecuada sus recursos y procesos con el objetivo de obtener mejores resultados. Este aspecto tiene una gran influencia en la rentabilidad y sostenibilidad de la empresa a largo plazo. La eficiencia operativa también busca incrementar la producción o la prestación de servicios utilizando la menor cantidad posible de recursos, por lo que es necesario reducir desperdicios e ineficiencias en los procesos internos y mejorar el uso de los recursos humanos, financieros y tecnológicos con los que cuenta la organización. (Naranjo, 2026)

Diseño de planta. La Revolución Industrial representó un avance significativo en la concepción y organización de las instalaciones productivas. De acuerdo con (IDEA, 2024), este proceso estuvo impulsado por la mecanización y la incorporación de maquinaria, lo que permitió integrar distintos equipos con el propósito de agilizar y optimizar los procesos de producción. Posteriormente, a inicios del siglo XX, el surgimiento de nuevas tecnologías motivó transformaciones en la manera de aprovechar los espacios dentro de las plantas industriales. Como resultado, las disposiciones de planta comenzaron a orientarse principalmente hacia el producto, lo que favoreció la construcción de grandes instalaciones

industriales, el uso de estructuras con varios niveles y el aprovechamiento de la gravedad como apoyo en el manejo de materiales.

Electricidad. Según (Ingenierias, 2024) usamos electricidad en gran manera la misma que se genera en centrales eléctricas, donde diferentes fuentes de energía, como el viento, el agua, gas o energía nuclear se usan para hacer girar turbinas conectadas a generadores. Estos generadores usan el movimiento de un campo magnético sobre bobinas para producir una tensión eléctrica, según la ley de Faraday.

Transformador eléctrico. Es un aparato electromagnético según (Joy, 2025) que transfiere energía eléctrica entre circuitos sin alterar la frecuencia o la potencia. Permite una mejora de seguridad de los sistemas eléctricos ajustando los niveles de voltaje según sea necesario. Un transformador funciona únicamente con entrada de corriente alterna (CA), pero cuando se combina con componentes semiconductores, puede generar una salida de corriente continua (CC).

Redes de media tensión. Una red de media tensión, según (DIELCO, 2021) es un proceso de distribución que opera con un voltaje intermedio, típicamente entre 1 y 35kV, su función es transportar la electricidad desde subestaciones hasta los puntos de consumo, como barrios, industrias y comercios. Estas redes pueden ser aéreas o subterráneas, y se dividen en circuitos para alimentar los transformadores que finalmente reducen el voltaje a los niveles de baja tensión que se usa en las industrias.

Redes de baja tensión. Según (Ormazabal, 2025) es el último tramo de una red eléctrica la cual lleva energía directamente a los establecimientos y hogares, y esta energía llega con voltajes menores a 1000V en corriente alterna.

Energía: Es un tipo diferente de energía que se genera por la diferencia potencial entre dos puntos, permitiendo la circulación de electrones por medio de un medio conductor. eléctrico (Repsol, 2025). Como un ejemplo práctico, podemos ver que cuando cerramos un

circuito eléctrico, presionando un interruptor, la circulación de los electrones por medio de los cables metálicos de cobre es inmediato y tenemos luz.

Voltaje: Según (Fluke, 2025) es la fuerza con la que se impulsa la corriente eléctrica a través de un circuito, lo que permite realizar un trabajo, como, por ejemplo, iluminar un sitio.

Carga. Se define como la potencia eléctrica requerida para el adecuado funcionamiento de uno o varios dispositivos eléctricos, o como la potencia que fluye a través de un circuito. Es también según (Juárez, 2019) se trata de una propiedad de la materia que poseen las partículas subatómicas y que se manifiesta por medio de fuerzas de atracción o repulsión generadas por campos electromagnéticos.

Conductores. Según (Seippel, 2021) aquellos materiales en los cuales se establece fácilmente el flujo de electrones se llaman conductores. Por ejemplo, en el cobre, el electrón aislado de la cuarta capa esta débilmente ligado al átomo y se convierte fácilmente en un electrón libre. El cobre es, por tanto, un buen conductor. Generalmente los metales pertenecen a este tipo de materiales; la plata es mejor conductor que el cobre y éste superior al aluminio y hierro.

Justificación.

Realizar un correcto diseño de la planta de producción es de vital **importancia** para la organización, pues le permite establecer medidas de seguridad, eficiencia energética y continuidad operativa de la planta. Satisfacer el crecimiento de la demanda energética, por la incorporación de nuevos equipos y los cambios en la distribución de las áreas de trabajo, con las redes eléctricas diseñadas en base a la carga instalada.

La investigación posee un **impacto** positivo en toda la empresa, permitiéndole contar con un área de producción acorde a la actividad productiva, reduciendo pérdidas por productos defectuosos, rechazos por defectos en la calidad. Conjuntamente, la propuesta de la red

eléctrica permite un servicio de calidad a la organización, minimizando las pérdidas de esta naturaleza, incidiendo de forma positiva en los costos de producción.

La **utilidad** principal del rediseño de una planta de producción conjuntamente con la red eléctrica, radica en garantizar el funcionamiento eficiente, seguro y sostenible de los procesos industriales en la organización, contar con una infraestructura eléctrica acorde a las necesidades actuales y futuras de la carga, optimizando la distribución de misma, el uso de energías y la confiabilidad del suministro.

Los mayores **beneficiarios** de este rediseño de planta será la misma empresa ENSEIN ECUADOR, los colaboradores y el personal técnico de la planta al proporcionar un entorno de trabajo más seguro y de manera indirecta, también se benefician los clientes y proveedores, así como la comunidad y el entorno gracias a la reducción de riesgos eléctricos y al uso más racional de la energía.

Se determina que la presente investigación es **factible** para su desarrollo, debido a que se cuenta con la autorización de la alta directiva para su ejecución. Asimismo, existen las condiciones necesarias para llevar a cabo la reubicación de la planta de producción de la empresa INSEIN ECUADOR, junto con el rediseño de su sistema eléctrico, con el propósito de garantizar un funcionamiento más eficiente.

Objetivos.

Objetivo General.

Rediseñar la distribución de la planta de producción y la red eléctrica de la empresa INSEIN Ecuador, mediante la aplicación del método de Guerchet, herramientas de Ingeniería Industrial y el cumplimiento de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), para mejorar la seguridad eléctrica, las condiciones de iluminación y la eficiencia operativa del proceso productivo.

Objetivos Específicos.

- Diagnosticar la situación actual en la planta, mediante el uso del método Guerchet, herramientas de Ingeniería Industrial y una auditoría energética, direccionado a la identificación de las condiciones existentes en la planta de producción.
- Diseñar la distribución de planta y su respectiva red eléctrica de fuerza y alumbrado, mediante el software QM for Windows V5 y la aplicación de la NEC 2011 cap.15 y la norma europea de construcción, dirigido a una operación en condiciones óptimas.
- Realizar una valoración económica del proyecto, mediante cotizaciones de todos los materiales y elementos requeridos, encaminado al conocimiento del costo total de la inversión.

Capítulo II

Ingeniería del Proyecto.

Diagnóstico de la situación actual de la empresa.

Durante el proceso de diagnóstico, se considera como guía para el rediseño de la planta de producción de la empresa INSEIN ECUADOR, la metodología de Guerchet, que sirve para calcular el espacio físico necesario en una planta industrial, determinando el área total requerida para un puesto o equipo de trabajo.

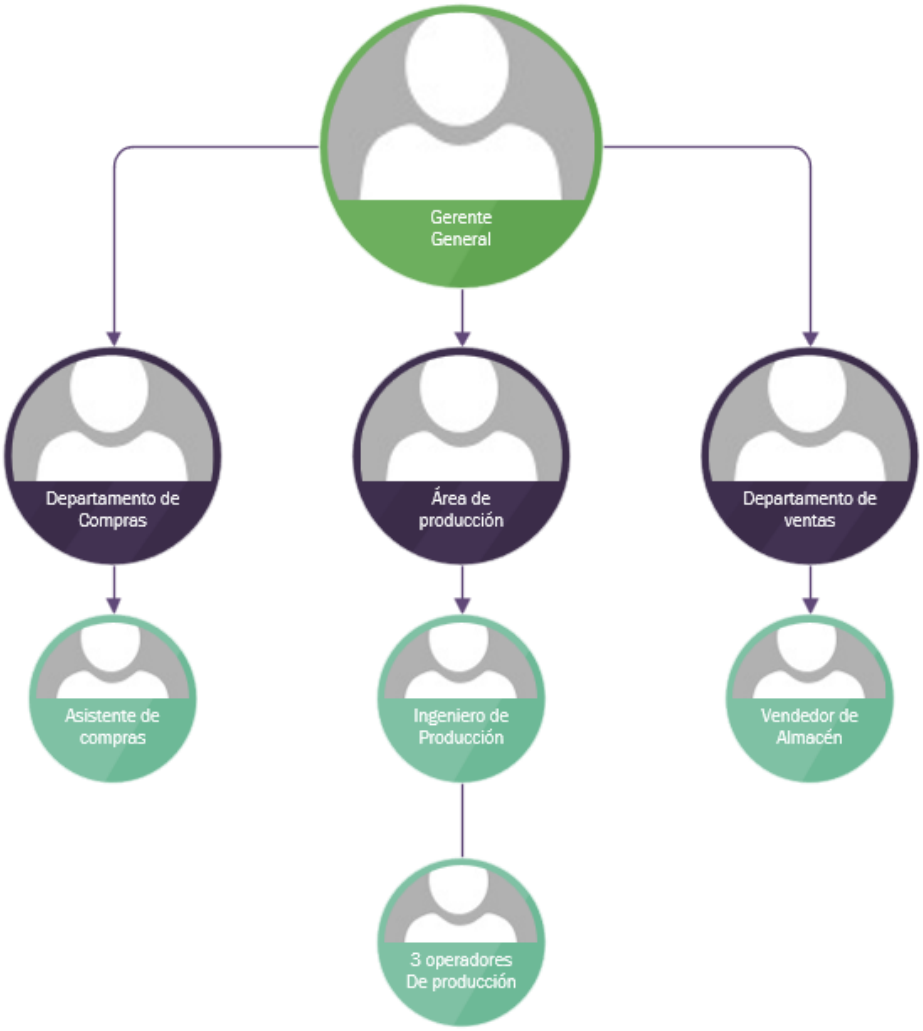
Para el rediseño de la red eléctrica, se tomará en cuenta normativas nacionales como internacionales que resultan fundamentales para el rediseño del sistema de distribución eléctrica. La norma UNE 12464-1, de origen español, establece criterios necesarios para

garantizar una adecuada iluminación en espacios y zonas laborales. Por su parte la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) define los lineamientos técnicos y de seguridad indispensables para el funcionamiento correcto de las instalaciones eléctrica.

Para el diagnostico actual de la empresa INSEIN ECUADOR con relación al rediseño de la distribución de la planta se debe tomar en cuenta que la principal actividad de la empresa es brindar el servicio de reparación y construcción de equipos y accesorios hidráulicos y neumáticos, por lo que se deberá realizar un organigrama para conocer los diferentes departamentos que se maneja en la empresa y los responsables de los mismos. Como se puede ver en la **Figura *3*.**

Figura 3.

Organigrama de la empresa INSEIN



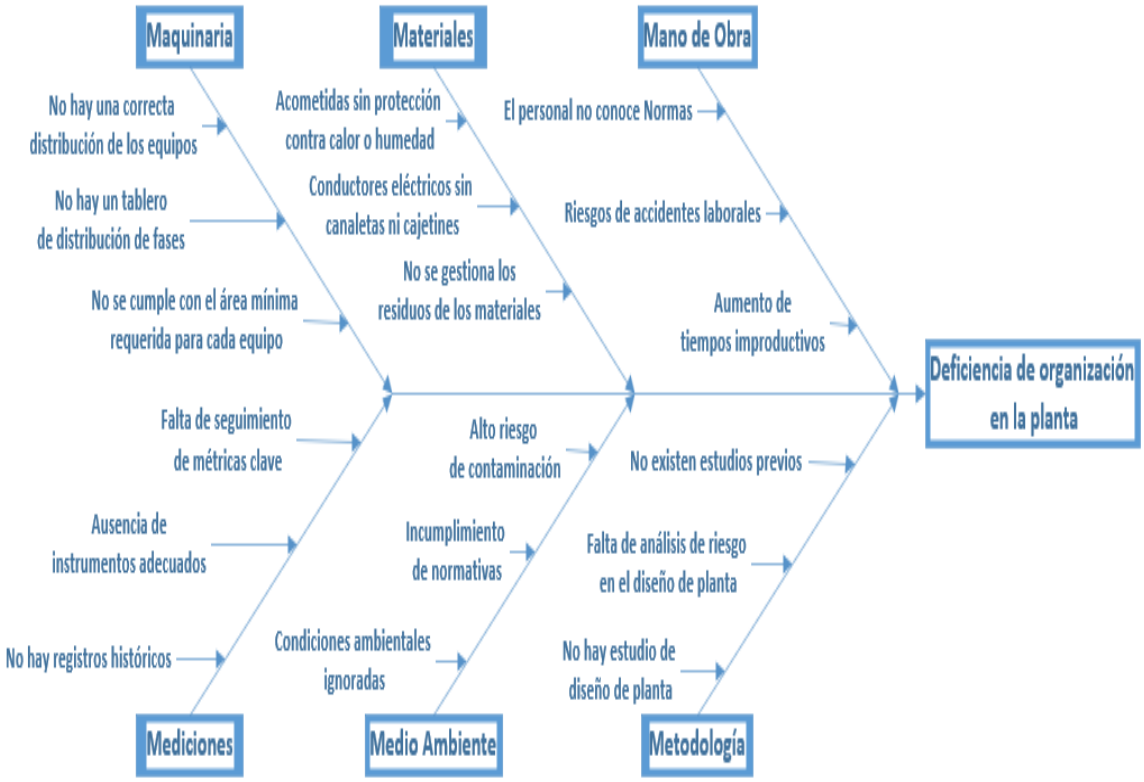
*Nota***:** Elaborado por el autor. Elaborado en Software Visio.

La problemática de la distribución de equipos y máquinas en la empresa se la realizara mediante la herramienta de diagrama de Causa - Efecto (ISHIKAWA), la cual se aprecia en la **Figura *4*.** El mismo que aborda las 6M (Maquinaria, Materiales, Mano de Obra, Mediciones, Medio Ambiente y Metodología) para la identificación de las causas que ocasionan los problemas de diseño de la planta.

Diagrama Causa-Efecto (Ishikawa)

Figura 4.

Diagrama Causa-Efecto de la deficiencia de organización en la planta.



Nota: Elaborado por el autor. Elaborado en Software Visio.

Una vez realizado el diagrama de causa-efecto, que permite identificar las causas raíz agrupadas por categorías clave, lo que facilita la priorización de acciones correctivas, los resultados son los siguientes:

- Las fallas en la maquinaria generan ineficiencia operativa, riesgos eléctricos y dificultades en mantenimientos.
- La falta de planificación de área e infraestructura eléctrica compromete la seguridad y funcionalidad de los equipos.
- Está comprometida la durabilidad de las instalaciones eléctricas, además de falta de canalización adecuada que puede generar accidentes y fallas técnicas.

- La no capacitación al personal e incumplimiento de normativas causa errores en la ejecución, baja productividad y mayor riesgo de accidentes lo que afecta directamente la calidad del diseño y operación.

En general el mal diseño de planta es el resultado de una falta de integración entre planificación técnica normativa, ambiental y operativa.

Al tener ya identificadas las causas raíz de las deficiencias de organización de la planta de producción de la empresa, se procede a realizar un diagrama de Pareto, que destaca las causas más importantes de la deficiencia de organización de planta, según una frecuencia estimada como se muestra en la **Tabla 1.** La frecuencia estimada de cada causa fue determinada mediante el criterio de expertos, considerando la experiencia operativa del jefe del departamento de producción y del autor del estudio. Para ello se analizó la ocurrencia observada de cada problema durante las actividades diarias de la planta asignando una ponderación dentro de una escala de 0-20, donde los valores más altos representan mayor frecuencia o impacto en la operación. Este procedimiento fue utilizado al no contar con registros históricos cuantificados y se requiere estimar la ocurrencia de los eventos en función del conocimiento técnico que se tiene del proceso interno de la planta de producción.

Tabla 1.

Frecuencia Estimada.

Causa	Frecuencia estimada
Distribución incorrecta de equipos	18
Ausencia de tablero de distribución de fases	12
No se cumple con el área mínima requerida	10
Acometidas sin protección térmica o de humedad	14
Conductores eléctricos sin canaletas y cajetines	11
Mala gestión de residuos	9

Causa	Frecuencia estimada
Desconocimiento de normas técnicas	20
Mal diseño de red eléctrica	16
No hay correcto flujo de trabajo	13
No se siguen métricas clave	8
Ausencia de instrumentos clave	7
Falta de registros históricos	6
Riesgos de contaminación	5
Incumplimiento normativo	4
Condiciones ambientales ignoradas	3
Falta de iluminación en los equipos y máquinas	15
Espacio de trabajo insuficiente	17
Ausencia de estudio de Diseño de Planta	19

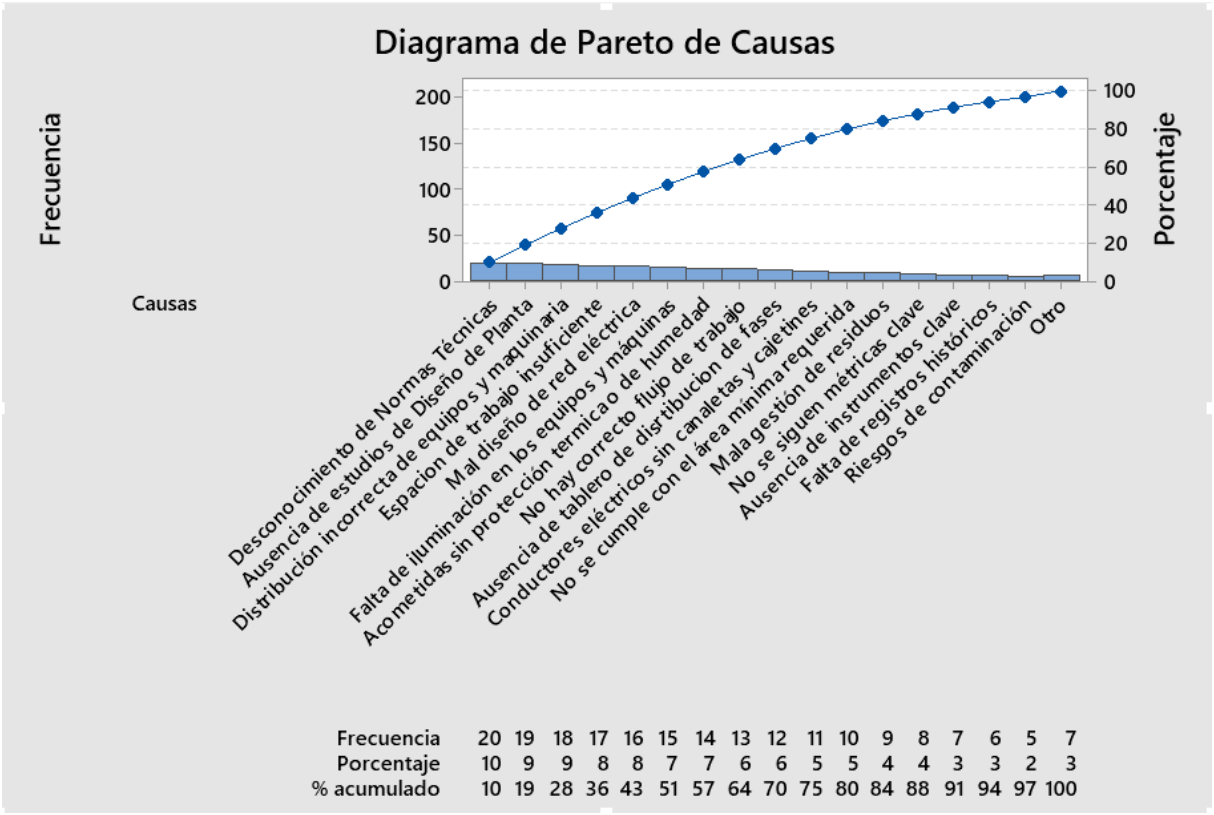
*Nota***:** Elaborada por el autor y jefe del de producción.

Una vez definidas las frecuencias de las causas, se procede a realizar el diagrama de Pareto, Gracias al diagrama de Pareto se pueden identificar las principales causas que contribuyen más significativamente al problema. Como se puede ver en la **Figura *5*.**

Diagrama de Pareto.

Figura 5.

Diagrama de Pareto.



Nota: Elaborado por el autor en Software Minitab 9.

Interpretando el diagrama de Pareto, tenemos la siguiente conclusión.

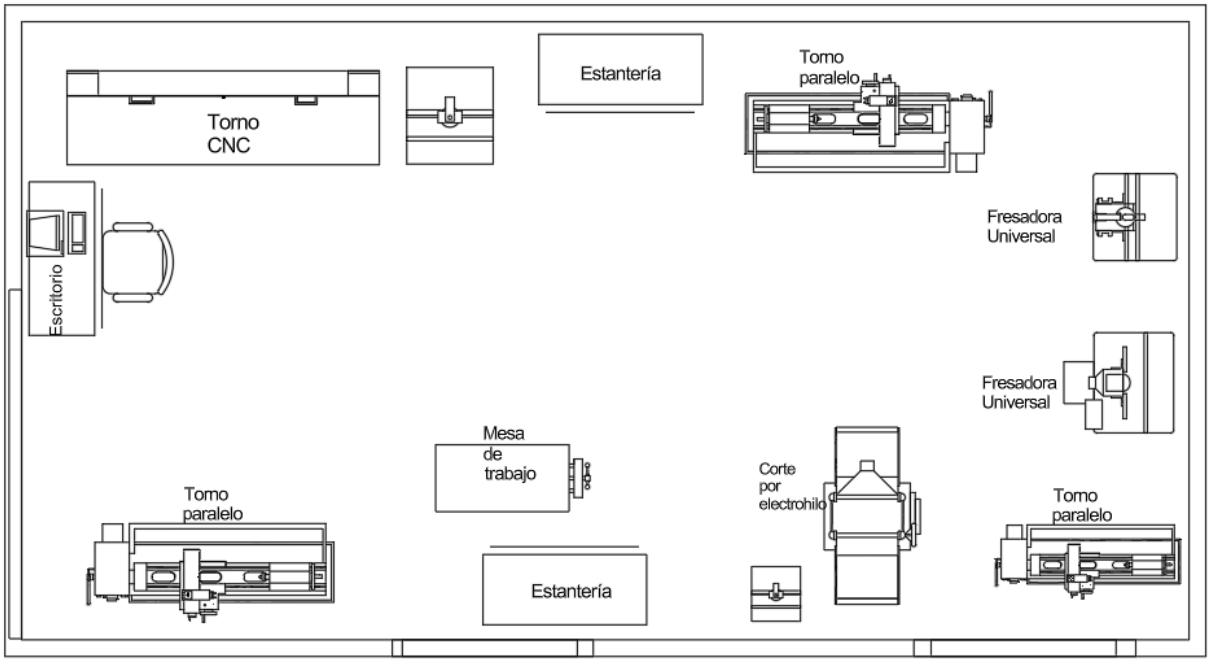
Las causas más críticas que representan el 80% del problema son las siguientes:

- Desconocimiento de las normas técnicas.
- Ausencia de estudio de diseño.
- Distribución incorrecta de equipos y máquinas.
- Espacios de trabajo insuficientes.
- Mal diseño de red eléctrica.
- Falta de iluminación en los equipos y máquinas.

La distribución actual de los equipos y maquinaria del área de producción de la empresa es como se ve en la **Figura *6*.** En la cual se puede ver que los tornos paralelos manuales están distribuidos por toda el área sin ningún orden o planificación, lo que puede generar recorridos innecesarios, tiempos muertos y riesgos operativos.

Figura 6.

Distribución actual de equipos y maquinaria.



*Nota***:** Elaborado por el autor en Inventor.

Cada equipo o máquina no solo ocupa un espacio físico, sino que también necesita superficies adicionales donde los operarios trabajen cómodamente de manera que los procesos fluyan sin interrupciones. El método de Guerchet es una herramienta utilizada en Ingeniería Industrial para calcular y organizar los espacios necesarios en una planta de producción, asegurando una distribución eficiente de máquinas, equipos y áreas de trabajo (Solange, Carrión, Madruñero, & Castro-Verdozoto, 2023).

La metodología de Guerchet propone tres diferentes superficies que un equipo debe tener para que el flujo de trabajo no se vea interrumpido, estas son:

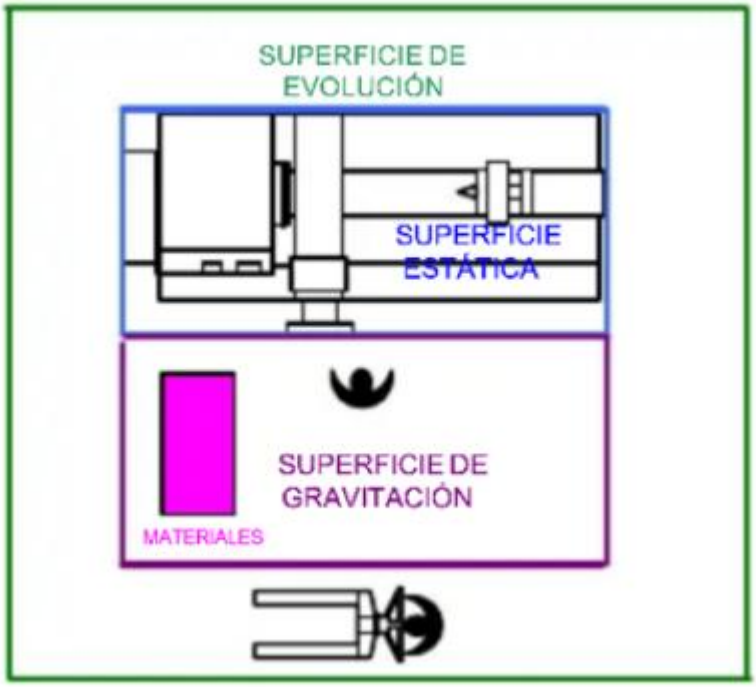
- Superficie estática: es la superficie que ocupa el equipo.

- Superficie gravitacional: es la superficie que ocupa el operario y los materiales requeridos para la operación de mecanizado.
- Superficie de evolución: es aquella que separa las estaciones de trabajo y permite la realización de las tareas de mantenimiento en las máquinas.

Las superficies que deben ocupar los equipos y máquinas para que su flujo de trabajo no se vea interrumpido es como se puede ver en la **Figura 7.** Donde se delimita las diferentes superficies.

Figura 7.

Metodología de Guerchet.



Nota: Diferentes superficies que comprende la metodología de Guerchet, tomado de (Rodríguez, Robles, Mora, & Peña, 2021).

El cálculo de las superficies contempladas en este método se realiza a partir de los procedimientos descritos en la siguiente tabla.

Tabla 2.

Método de Cálculo.

Concepto	Método de cálculo
Superficie estática (SS)	Se multiplica el largo por el ancho de la máquina, en m^2
Superficie de Gravitación (SG)	Se multiplica la superficie estática por número de lados por donde se puede operar el equipo.
Superficie de evolución (SE)	Es la sumatoria de las superficies estática y gravitacional, multiplicado por un factor *K*

Nota: información tomada del libro de (Martínez, 1985).

La constante **K**, conocida como coeficiente de evolución, constituye un parámetro fundamental dentro del método de Guerchet para el dimensionamiento y distribución de áreas en planta. Este coeficiente se determina a partir del promedio aritmético de las alturas correspondientes a los elementos móviles (EM) y los elementos estáticos (EE) presentes en el sistema productivo o área de trabajo analizada. Su finalidad es reflejar el grado de interacción espacial entre los equipos fijos y los componentes que requieren desplazamiento o manipulación, permitiendo estimar de manera más precisa las superficies necesarias para operación y circulación.

El método de Guerchet establece valores referenciales o estandarizados para el coeficiente K, los cuales han sido definidos en función de estudios ergonómicos y criterios técnicos aplicados al diseño industrial. Estos valores orientativos facilitan la aplicación práctica del método, asegurando coherencia en el cálculo de áreas complementarias y espacios de servicio. En la **Tabla 3** se presentan los valores recomendados para este coeficiente, los cuales deben seleccionarse de acuerdo con las características específicas del proceso y el tipo de actividad desarrollada en la instalación.

Tabla 3.

Valor de Constante K

Tipos de industria	**Valor de *K***
Industria alimenticia	0.05 – 0.15
Bandas transportadoras	0.10 – 0.25
Textil	0.05 – 0.25
Metalmecánica pequeña	2.00 – 3.00

Nota: Elaborado por el autor, información tomada de (Solange, Carrión, Madruñero, & Castro-Verdozoto, 2023)

Considerando que el área de producción analizada corresponde a un taller de metalmecánica de pequeña escala, donde las operaciones involucran maquinaria fija, manipulación manual de piezas y desplazamiento frecuente de operarios entre estaciones de trabajo, es necesario disponer de un espacio suficiente para la operación segura de los equipos, el abastecimiento de materiales y la circulación del personal. En este contexto, el rango recomendado para este tipo de industria se sitúa entre 2,00 y 3,00.

Por lo tanto, se adopta como valor de ***K*= 2.5** correspondiente al valor medio del intervalo recomendado, lo cual permite representar de manera equilibrada las necesidades de circulación, manipulación de materiales y accesibilidad a los equipos dentro del taller. La elección de este valor intermedio evita la subestimación de los espacios, como la sobreestimación del área requerida, garantizando un dimensionamiento adecuado y técnicamente justificado de la superficie de evolución en el proceso de distribución de la planta.

Para determinar la situación actual de empresa, se tomará en cuenta únicamente los elementos fijos del área de producción, de esta manera se tiene que los cálculos de las áreas de los equipos van como se demuestra en la **Tabla 4.**

Tabla 4.

Cálculo de Superficies de Equipos Fijos.

No de lados	No. Máquinas	Equipo	Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)	Tipo de elemento	SS (m2)	SG (m2)	K	SE (m2)	Superficie de estación de trabajo (m2)	Superficie total (m2)
1	1	Escritorio	0,60	1,75	0,60	Fijo	1,05	1,05	2,5	5,25	7,35	7,35
1	1	Torno CNC	2,00	0,60	1,85	Fijo	1,2	1,20	2,5	6,00	8,40	8,4
1	1	Succionador de viruta	0,87	0,90	2,00	Fijo	0,783	0,78	2,5	3,91	5,48	5,48
1	1	Estantería	1,25	0,80	2,00	Fijo	1	1,00	2,5	5	7	7
1	1	Torno Mecánico Manual	3,26	0,70	1,20	Fijo	2,52	2,28 2,00	2,5	11,41	15,97	15,97
1	1	Fresadora Universal	1,50	1,40	1,20	Fijo	2,1	2,1	2,5	10,5	14,7	14,7
1	1	Fresadora Universal 2	1,60	1,70	1,20	Fijo	2,72	2,72	2,5	13,6	19,04	19,04
1	1	Torno Mecánico Manual	0,55	2,50	1,10	Fijo	1,37	1,37	2,5	6,87	9,62	9,62
1	1	Máquina de corte por electro hilo	2,80	2,00	2,00	Fijo	5,6	5,6	2,5	28	39,2	39,2
1	1	Mesa de trabajo	1,15	1,50	0,60	Fijo	1,72	1,72	2,5	8,60	12,04	12,04
1	1	Torno Mecánico Manual	0,75	2,70	1,20	Fijo	2,02	2,02	2,5	10,12	14,17	14,17
											Total	152,99

Nota: Elaborada por el autor.

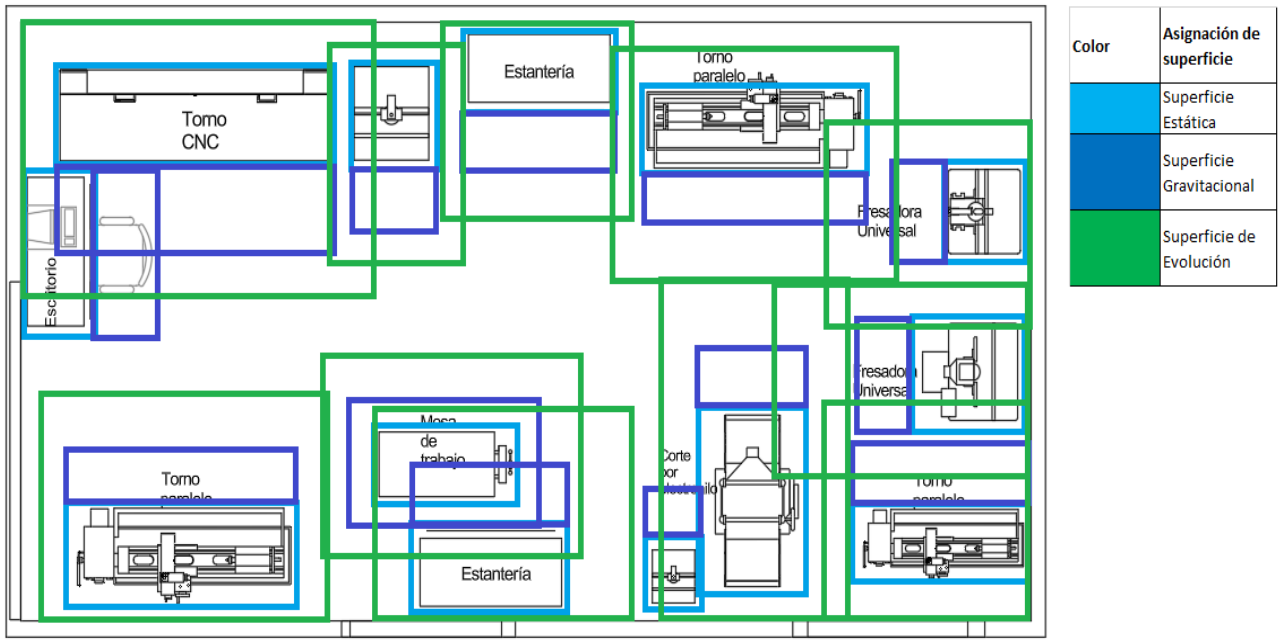
Se evidencia que, una vez realizado los cálculos de las superficies ideales de cada máquina de la planta, se necesita un área total de ≈153 m2; actualmente el área de producción cuenta con 103,6 m2 (a=7.4m, b=14m); la ausencia de planificación de la distribución de la

planta afecta la productividad, la ergonomía del operario y la trazabilidad del proceso, lo que puede ocasionar cuellos de botella o interferencias del mismo, grandes desplazamientos de los operarios para alcanzar las herramientas de corte y de mano, fatiga, lo que podría ralentizar las tareas de producción.

La distribución actual de los equipos fijos de la empresa, con sus respectivas áreas calculadas, se muestra en la **Figura *8*.,** donde se puede apreciar que las áreas de los equipos se encuentran sobre posicionadas, haciendo de las tareas de mantenimiento diaria, como inspecciones visuales o mantenimiento preventivos, tareas con más dificultad para realizarlas.

Figura 8.

Superficies de Guerchet de cada equipo fijo.



Nota: Elaborado por el autor.

Evaluación del flujo de trabajo.

Con el objetivo de analizar el comportamiento operativo del área de producción de la empresa INSEIN Ecuador, se realizó una evaluación del flujo de trabajo considerando la distribución actual de los equipos, la secuencia de las operaciones, la relación funcional entre áreas y las condiciones de circulación dentro de la planta.

En la situación actual, el flujo de trabajo presenta una estructura desorganizada, debido a que las máquinas no se encuentran ubicados en función de la secuencia lógica del proceso productivo. Se observa que varias máquinas, especialmente los tornos mecánicos, están distribuidos en diferentes puntos del área sin un criterio técnico de proximidad o continuidad operativa, lo que genera desplazamientos innecesarios entre estaciones de trabajo y dificulta la coordinación de las actividades productivas.

Desde el punto de vista espacial, la planta presenta limitaciones significativas en cuanto a la disponibilidad de área para la correcta ejecución de las operaciones. El análisis realizado mediante el método de Guerchet determinó que las máquinas requieren aproximadamente 153 m² para operar en condiciones adecuadas; sin embargo, el área actual disponible es de 103,6 m², lo que evidencia una sobreocupación del espacio físico. Esta condición provoca interferencias entre estaciones de trabajo, restricción en la movilidad del personal y dificultades en la manipulación de materiales.

La falta de distribución basada en criterios técnicos limita la continuidad del proceso productivo, ya que las operaciones no siguen la secuencia ordenada entre sí. Lo que ocasiona interrupciones en el flujo de trabajo y baja eficiencia en la utilización del espacio libre.
Con el propósito de evaluar de manera estructurada el comportamiento del flujo de trabajo en la planta de producción, se realizó un análisis técnico considerando variables operativas, espaciales y funcionales. Los resultados se presentan en la **Tabla 5**, donde se evidencian las principales deficiencias del sistema actual.

Tabla 5.

Evaluación del flujo de trabajo

Variable evaluada	Descripción	Situación actual	Impacto que genera
Tipo de flujo	Secuencia de operaciones	Flujo desordenado, sin secuencia	Interrupciones en el proceso productivo

Variable evaluada	Descripción	Situación actual	Impacto que genera
		definida entre estaciones	
Distribución de equipos	Ubicación adecuada de equipos en el área de producción	Están ubicados sin criterio técnico	Recorridos innecesarios
Distancia entre estaciones de trabajo	Es la separación física que hay entre las máquinas	Las distancias son variables	Aumenta tiempos de transporte
Circulación interna	Desplazamientos de los operarios	Trayectorias no definidas con cruces y retrocesos	Cansancio físico, fatiga, y tiempos improductivos
Seguridad operativa	Condiciones de trabajo en función del flujo	Zonas congestionadas y cruces de trayectorias	Riegos de accidentes laborales
Eficiencia del flujo	Relación entre movimiento y producción	Hay muchas actividades de transporte, tiempo no productivo	Reduce el rendimiento general del proceso

Nota: Elaborado por el autor.

Metodología de levantamiento de tiempos.

INSEIN Ecuador es una empresa de Producción Variable, por lo que no se tiene establecidos procesos definidos para realizar los trabajos, aun así, uno de los procesos que

más se repite en la planta de producción es el mecanizado de piezas que servirán con repuestos de cilindros hidráulicos, o algún repuesto de maquinaria.

Con el fin de diagnosticar la situación actual del área de producción de la empresa INSEIN Ecuador, se aplicó una metodología de levantamiento de tiempos al proceso de mecanizado de un cilindro hidráulico. Este análisis permitió identificar la duración de las actividades que componen el proceso, reconocer tiempos improductivos y establecer una base técnica para evaluar el desempeño operativo actual de la planta.

El levantamiento de tiempos se realizó mediante **observación directa** en condiciones normales de trabajo, sin alterar la secuencia habitual de las operaciones. Para ello, se seleccionó un proceso representativo de la empresa, correspondiente al mecanizado de un componente de cilindro hidráulico, por ser una actividad frecuente dentro de la operación del taller y por involucrar desplazamientos, preparación de máquina, mecanizado e inspección.

La técnica empleada fue el **estudio de tiempos con cronómetro**, utilizando el método de lectura continua. En este procedimiento, el cronómetro permanece en funcionamiento durante toda la secuencia del proceso, registrándose posteriormente los tiempos parciales de cada actividad. Este método permite obtener una visión completa del desarrollo real del trabajo y facilita la identificación de demoras, recorridos y tiempos auxiliares.

Para mejorar la confiabilidad de los datos, se efectuaron **cinco observaciones consecutivas** del mismo proceso, registrando en cada una los tiempos de las actividades principales. Aunque en un estudio más amplio pueden efectuarse entre 10 y 15 observaciones, para el presente diagnóstico se empleó un número de ciclos suficiente para obtener una referencia preliminar representativa del comportamiento actual del proceso.

Las actividades desarrolladas en el proceso son las siguientes:

- Retiro del material desde el área de almacenamiento.
- Traslado del material al área de corte.
- Corte preliminar de la pieza.

- Traslado de la pieza al torno.
- Montaje y centrado en el torno.
- Torneado de la pieza.
- Inspección dimensional.
- Traslado y almacenamiento temporal de la pieza procesada.

A continuación, en la **Tabla 6** se presenta el registro de tiempo obtenidos del proceso actual.

Tabla 6,

Levantamiento de tiempos del proceso actual.

Actividad	**Muestra 1 (min)**	**Muestra 2 (min)**	**Muestra 3 (min)**	**Muestra 4 (min)**	**Muestra 5 (min)**	**Tiempo promedio (min)**
Retiro del MP desde almacenamiento	4.8	5.1	4.9	5.0	5.2	5.00
Traslado al área de corte	1.6	1.8	1.7	1.9	1.8	1.76
Corte preliminar	5.9	5.1	5.5	5.3	5.8	5.52
Traslado al torno	1.8	1.6	1.5	1.7	1.5	1.62
Montaje y centrado en torno	10.8	11.1	6.7	9.1	4.9	8.52
Torneado de pieza	45.5	45.0	44.8	45.2	44.9	45.08
Inspección dimensional	9.6	9.8	9.7	9.9	9.8	9.76

Actividad	Muestra 1 (min)	Muestra 2 (min)	Muestra 3 (min)	Muestra 4 (min)	Muestra 5 (min)	Tiempo promedio (min)
Traslado y almacenamiento	4.1	4.3	4.2	4.4	4.2	4.24
					TOTAL	81.5

Nota: elaborado por el autor.

El estudio de tiempos aplicado al proceso actual permitió cuantificar de manera objetiva la duración de las actividades que intervienen en el mecanizado de un cilindro hidráulico, obteniéndose un tiempo promedio total de **81.5 minutos**. Los resultados evidencian que una parte significativa del tiempo de trabajo se consume en actividades auxiliares y desplazamientos internos, lo que afecta el desempeño operativo del área de producción. La medición se efectuó mediante observación directa y uso de cronómetro, registrando varias repeticiones por actividad para determinar tiempos promedios, tiempo normal y tiempo estándar del proceso.

Para tener una referencia que sirva de comparación con la futura propuesta de mejora en la planta de producción se elaborará un cursograma de uno de estos procesos, en el cual se evidencian tiempos de ejecución y distancias recorridas en las operaciones como se muestra en la **Figura 9.**

Figura 9.

Cursograma analítico Planta de Producción

CURSOGRAMA ANALÍTICO PLANTA DE PRODUCCIÓN										
Hoja N°1 de: 1 Diagrama N°1				Operario ()		Material ()			Equipo (x)	
Fecha: diciembre 2025				**RESUMEN**						
Proceso: Fabricación de tapa de cilindro hidráulico				**Símb**	**Actividad**			**Act.**	**Pro.**	**Econ.**
				○	Operación			7		
Producto: Cilindro hidráulico				⇨	Transporte			3		
				□	Inspección			2		
Método: Actual (x)/ Propuesto ()				D	Espera			0		
Operario: Alex Taipe				▽	Almacenaje			1		
Tamaño de lote: 1				Total Actividades realizadas				13		
Elaborado por: Jose Luis Erazo				Distancia total (m)				39		
				Tiempo mínimo/ cilindro				5827		
N° de actividad	Descripción del proceso	Cantidad	Distancia (m)	Tiempo Seg	**SÍMBOLOS DEL PROCESO**					
					○	⇨	□	D	▽	
1	Recepción de acero (materia prima)	1	1	3			●			
2	Recepción de planos de construcción	1	1	2			●			
3	Trasladar materia prima al torno	1	11	6		●				
4	Preparar máquina Torno	1	1	20	●					
5	Tornear pieza según plano	1	1	3600	●					
6	Trasladas pieza a la fresadora	1	3	2		●				
7	Preparar máquina fresadora	1	1	20	●					
8	Fresar pieza según plano	1	1	1800	●					
9	Trasladar pieza a soldadura	1	7	3		●				
10	Preparar Soldadora	1	1	20	●					
11	Soldar toma hidráulica en tapa de cilindro	1	1	30	●					
12	Pulir tapa con amoladora	1	1	45	●					
13	Almacenar en bodega	1	9	6					●	
	Tiempo en segundos:		5827		7	3	2	0	1	
	Distancia en metros:		39							

Nota: Elaborado por el autor.

El proceso presenta una concentración significativa de tiempo en actividades de mecanizado, lo que evidencia que esta etapa constituye un cuello de botella del sistema productivo, así mismo, aunque no se registran tiempo de espera, la existencia de tres

actividades de transporte implica desplazamientos internos que generan tiempo improductivos indirectos y riesgos ergonómicos.

La distancia total recorrida de 39m para un solo proceso de mecanizado indica que la distribución física de los equipos podría no estar completamente optimizado, generando movimientos adicionales entre torno, fresadora y área de soldadura.

Auditoría energética de la empresa

Para la ejecución de la auditoría energética de la planta de producción en la empresa INSEIN Ecuador, se considerarán los lineamientos establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, Cap. 15), los cuales permiten identificar el grado de cumplimiento del sistema eléctrico evaluado, determinando conformidades y no conformidades respecto a la normativa vigente. Para este análisis, se utilizará como base la información presentada en la **Tabla 5.** Con el fin de evaluar el grado de cumplimiento normativo de la empresa, se desarrolló una matriz de evaluación en la cual se consideran los principales requisitos técnicos aplicables al sistema productivo y eléctrico. A cada criterio se le asigno una ponderación en función de su importancia relativa, y se evaluó su nivel de cumplimiento en tres categorías:

- Cumple, con valor de 1
- Cumple parcialmente, con valor de 0.5
- No Cumple, con valor de 0

El porcentaje de cumplimiento se determinó mediante la sumatoria de los puntajes obtenidos respecto al total ponderado, permitiendo cuantificar de manera objetiva el estado actual de la empresa, como se muestra en la **Tabla 7.**

Tabla 7.

Auditoría Energética a Planta de Producción.

Capítulo/ Artículo NEC	Criterio	Descripción técnica	Cumplimiento	Ponderación	Puntaje
15.1.2	Acometida eléctrica	La acometida debe estar protegida y dimensionada según la carga	Cumple Parcialmente	10%	5
15.1.3.1	Separación de circuitos	Iluminación, tomacorrientes, cargas especiales deben estar en circuitos independientes	No Cumple	8%	0
15.1.3.2	Protección por circuito	Cada circuito debe tener su propio interruptor termo-magnético	Cumple Parcialmente	8%	4
15.1.3.3	Calibre de conductores	Conductores deben estar dimensionados a un 125% de la carga máxima	Cumple Parcialmente	10%	5
15.1.3.4	Conductores de	Debe cumplir con talla de calibres según protecciones	No cumple	10%	0

Capítulo/ Artículo NEC	Criterio	Descripción técnica	Cumplimiento	Ponderación	Puntaje
	puesta a tierra				
15.1.4.1	Tablero de distribución	Debe estar ubicado en lugar accesible, seco y seguro	Cumple Parcialmente	13%	6.5
15.1.4.2	Diagrama unifilar	El tablero debe tener un diagrama unifilar y listado de circuitos	No Cumple	10%	0
15.1.4.3	Balance de fases	Las fases deben estar equilibradas para evitar sobrecargas	Cumple Parcialmente	10%	5
15.1.4.4	Altura de instalación del tablero	Debe estar a 1.6m de altura desde el piso	Si Cumple	1%	1
15.1.5	Señalización y rotulación	Todos los elementos deben estar señalados y rotulados	Cumple Parcialmente	5%	2.5
15.1.6	Canalizaciones	Deben ser adecuados al tipo de instalación (PVC, EMT; etc.)	Cumple Parcialmente	5%	2.5

Capítulo/ Artículo NEC	Criterio	Descripción técnica	Cumplimiento	Ponderación	Puntaje
15.1.7	Puesta a tierra general	Sistema de puesta a tierra debe estar conectado y verificado	No Cumple	10%	0
			TOTAL	100%	31.5

Nota: Elaborado por el autor. Criterios tomados de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) cap. 15.

Los resultados evidencian un nivel de cumplimiento de la Normativa de 31.5 puntos obtenidos, lo que confirma la necesidad de implementar mejoras en la infraestructura eléctrica.

La escala de interpretación del puntaje de cumplimiento normativo, se establece con el fin de clasificar de manera objetiva el nivel de adecuación de la empresa respecto a los requisitos técnicos y normativos evaluados. Para ello se definen tres rangos:

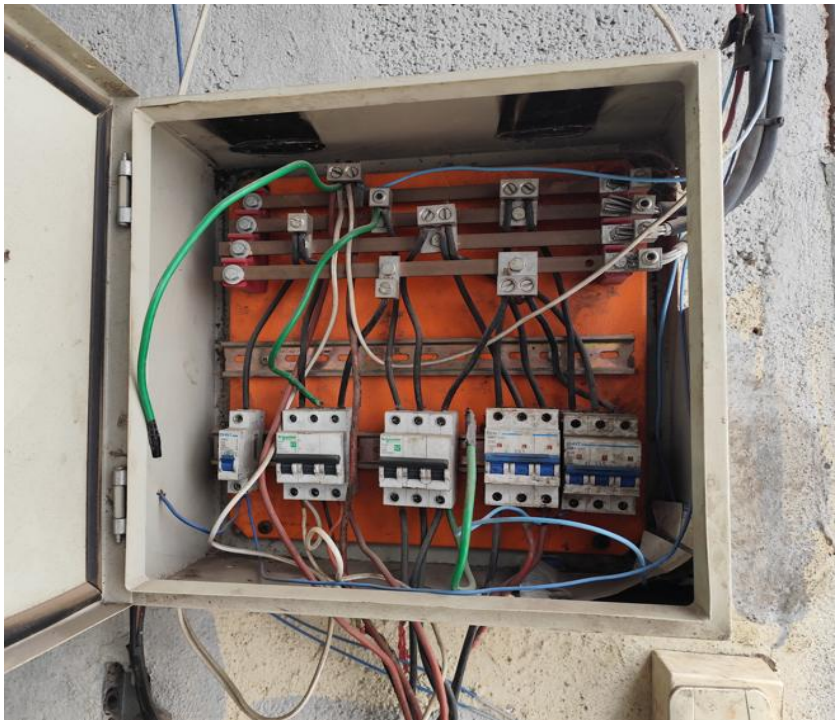
- Deficiente: 0-40%
- Regular: 41-70%
- Adecuado: 71-100%

Como resultado de la auditoría energética a la empresa se tiene las siguientes observaciones:

Los conductores desde el transformador hacia el tablero de distribución principal dan una medida de 123.6V, 127.8V y 124V en cada una de las fases, por lo que no tienen una carga balanceada y su configuración no es la adecuada, ya que, no hay una separación de los circuitos trifásicos y monofásicos, como se puede ver la **Figura *10*.**

Figura 10.

Tablero de Distribución Principal.



Nota: Foto tomada por el autor, Tablero de distribución.

El estado actual de los conductores eléctricos es deficiente, debido a que no cuentan con un sistema de canalización adecuado (canaletas o tuberías), lo que los expone a condiciones ambientales, posibles daños mecánicos y riesgos asociados a cortes, abrasión o sobrecalentamiento. Como se evidencia en la los conductores se encuentran sujetos mediante una estructura metálica tipo malla en forma de “L”, desde la cual se distribuyen hacia los distintos equipos y máquinas ubicados en el área de producción.

Figura 11 los conductores se encuentran sujetos mediante una estructura metálica tipo malla en forma de “L”, desde la cual se distribuyen hacia los distintos equipos y máquinas ubicados en el área de producción.

Figura 11.

Conductores eléctricos sin protección.

Nota: Fotos tomadas por el autor.

Levantamiento de carga monofásica y trifásica.

Con el propósito de determinar la demanda eléctrica requerida por el sistema de la empresa, se realizará un levantamiento detallado de cargas de cada uno de los equipos instalados. Para ello, se recopilará la información consignada en las placas técnicas correspondientes, de donde se obtendrán parámetros eléctricos relevantes como potencia nominal, tipo de carga, corriente nominal y frecuencia de operación. Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 8.**

Tabla 8.

Levantamiento de Carga Trifásica y Monofásica.

Equipo	Cantidad	Frecuencia (Hz)	Potencia (kW)	Tipo de carga	Amperaje nominal (Amp)
Torno mecánico paralelo 1.5m	1	60 (Hz)	3.5 kW	Trifásica	13Amp

Equipo	Cantidad	Frecuencia (Hz)	Potencia (kW)	Tipo de carga	Amperaje nominal (Amp)
Torno CNC paralelo	1	60 (Hz)	11kW	Trifásica	35Amp
Succionador de viruta	1	60 (Hz)	5kW	Trifásica	26Amp
Torno mecánico paralelo 2.5m	1	60 (Hz)	7.5kW	Trifásica	14Amp
Corte por electro hilo	1	60 (Hz)	1.5kW	Trifásica	10Amp
Torno mecánico paralelo 1.5m	1	60 (Hz)	2kW	Trifásica	11Amp
Fresadora Universal 12.1	1	60 (Hz)	2.2kW	Trifásica	5Amp
Fresadora Universal 10.1	1	60 (Hz)	4kW	Trifásica	10Amp
Soldadoras MIG	2	60 (Hz)	2.5kW	Trifásica	46.6Amp

Equipo	Cantidad	Frecuencia (Hz)	Potencia (kW)	Tipo de carga	Amperaje nominal (Amp)
Banco hidráulico de pruebas hidrostáticas	1	60 (Hz)	1.3kW	Trifásica	10Amp
Compresor de aire	1	60 (Hz)	3.67kW	Monofásica	21Amp
Amoladoras varias	6	60 (Hz)	0.8kW	Monofásica	10Amp
Esmeril de banco	1	60 (Hz)	2.2kW	Monofásica	14Amp
Taladros eléctricos de mano	2	60 (Hz)	0.7kW	Monofásica	7Amp
Tronzadoras eléctricas	2	60 (Hz)	2.2kW	Monofásica	15Amp
Máquina de corte por sierra circular	1	60 (Hz)	1.5kW	Monofásica	12Amp
Computador de escritorio	1	60 (Hz)	0.5kW	Monofásica	4Amp
		Total	33.5kW		253.6Amp

Nota: Elaborada por el autor, datos tomados de las placas técnicas de cada equipo.

A partir del estudio de levantamiento de cargas se obtiene el valor actual de demanda eléctrica generada por los equipos y máquinas de la empresa. Esta información permite evaluar si las protecciones principales y los conductores instalados se encuentran correctamente dimensionados, garantizando así condiciones seguras y óptimas de operación del sistema eléctrico.

La acometida principal desde el transformador fue realizada mediante un cable de aluminio calibre 0, el cual, soporta 120Amp con una pérdida de 2.31% por cada 30,48m según la **Figura *12*.**

Figura 12.

Tabla de capacidades de conductores

TABLA DE AMPACIDAD PARA CABLE DE COBRE Y ALUMINIO (AWG/ MCM)						
AMPACIDAD DE THW, THHN-THWN,XHHW A UNA TEMPERATURA DE 75 C.			NÚMERO MÁXIMO DE 3 ALAMBRES EN UNA TUBERÍA METÁLICA DIÁMETRO DE LA TUBERÍA METÁLICA		CAÍDA DE VOLTAJE POR CADA 100 PIES DE CABLE DE COBRE A UN 80% P.F	
CALIBRE DEL CABLE (AWG/MCM)	COBRE	ALUMINIO	THW (PULGADAS)	THHN-THWN,XHHW (PULGADAS)	CIRCUITO MONOFÁSICO (VOLTS/AMP)	CIRCUITO TRIFÁSICO (VOLTS/AMP)
14 AWG	20 A	-	1/2	1/2	0.4762	0.4167
12 AWG	25 A	20 A	1/2	1/2	0.3125	0.2632
10 AWG	35 A	30 A	1/2	1/2	0.1961	0.1677
8 AWG	50 A	40 A	3/4	1/2	0.1250	0.1087
6 AWG	65 A	50 A	1	3/4	0.0833	0.0714
4 AWG	85 A	65 A	1	1	0.0538	0.0463
2 AWG	115 A	90 A	1 1/4	1	0.0370	0.0323
1/0 AWG	150 A	120 A	1 1/2	1 1/4	0.0269	0.0231
2/0 AWG	175 A	135 A	1 1/2	1 1/2	0.0222	0.0196
3/0 AWG	200 A	155 A	2	1 1/2	0.0190	0.0163
4/0 AWG	230 A	180 A	2	2	0.0161	0.0139
250 MCM	255 A	205 A	2 1/2	2	0.0147	0.0128
300 MCM	285 A	230 A	2 1/2	2	0.0131	0.0114
350 MCM	310 A	250 A	2 1/2	2 1/2	0.0121	0.0106
400 MCM	335 A	270 A	3	2 1/2	0.0115	0.0091
500 MCM	380 A	310 A	3	3	0.0101	0.0088
600 MCM	420 A	340 A	3	3	0.0094	0.0082
700 MCM	460 A	375 A	3 1/2	3	0.0089	0.0077
750 MCM	475 A	385 A	3 1/2	3 1/2	0.0086	0.0075
1000 MCM	545 A	445 A	4	3 1/2	0.0079	0.0069

Nota: Tabla tomada de (Electrotecnia, 2024).

El transformador eléctrico actualmente en operación en la empresa entrega una

capacidad nominal de 15 kW, cuyas especificaciones se detallan en la **Tabla 9.** Sin embargo, tras realizar el levantamiento de carga correspondiente al Área de Producción, se determinó una demanda total de 33,5 kW. Este resultado evidencia que la capacidad del transformador es insuficiente para cubrir los requerimientos energéticos de la planta.

Tabla 9.

Características Técnicas del Transformador Eléctrico.

Característica	**Valor / Unidad**
Potencia Nominal	15kW
Frecuencia	50/60 Hz
Número de bobinas	3U
Desfase entre si	120°

Nota: Datos obtenidos por el autor por parte del fabricante del transformador eléctrico.

Estudio lumínico de cada puesto de trabajo.

Para el estudio de luminosidad de cada puesto de trabajo, se tomarán en cuenta los criterios de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2969-1, que en su Tabla B18, (**Figura *13*.),** indica los parámetros de luminosidad de áreas de trabajo en específico y se analizará únicamente las relacionadas con el trabajo de titulación en curso.

Figura 13.

NTE INEN 2969-1

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\overline{E_m}$ lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Requisitos específicos
B.18.1	Forja en troquel abierto	200	25	0,60	80	
B.18.2	Estampación en caliente	300	25	0,60	80	
B.18.3	Soldadura	300	25	0,60	80	
B.18.4	Mecanización basta y media: tolerancias ≥ 0,1 mm	300	22	0,60	80	
B.18.5	Mecanización de precisión; pulido: tolerancias < 0,1 mm	500	19	0,70	80	
B.18.6	Trazado; inspección	750	19	0,70	80	

NTE INEN 2969-1

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\overline{E_m}$ lx	UGR_L –	U_o –	R_a –	Requisitos específicos
B.18.7	Talleres de estirado de hilos y tubos; conformado en frío	300	25	0,60	80	
B.18.8	Mecanización de chapas: espesor ≥ 5 mm	200	25	0,60	80	
B.18.9	Chapistería: espesor < 5 mm	300	22	0,60	80	
B.18.10	Fabricación de herramientas; fabricación de equipo de corte	750	19	0,70	80	
B.18.11	Montaje:					
	– basto	200	25	0,60	80	
	– medio	300	25	0,60	80	
	– fino	500	22	0,60	80	
	– precisión	750	19	0,70	80	
B.18.12	Galvanización	300	25	0,60	80	
B.18.13	Preparación de superficies y pintado	750	25	0,70	80	
B.18.14	Fabricación de herramientas, patrones, mecánica de precisión, micromecánica	1000	19	0,70	80	

Nota: Información tomada de (NTE, 2025).

Considerando que en el Área de Producción de la empresa se desarrollan diversas actividades, tales como soldadura, mecanizado de precisión, así como montaje y desmontaje de componentes, se procederá a realizar una auditoría lumínica de los distintos puestos de trabajo. Esta evaluación se efectuará en función del tipo de tarea ejecutada en cada equipo, con el fin de verificar el cumplimiento de los niveles de iluminancia requeridos para cada actividad. Los resultados se presentan en la **Tabla 10.**

Tabla 10.

Auditoría Lumínica a cada puesto de Trabajo.

Equipo	Tipo de interior, tarea y actividad	No. Referencia INEN2969-1	Requisito de la Norma (Lx)	Medición en el equipo (Lx)	Cumple o no cumple
Torno mecánico paralelo 1.5m	Mecanización basta y media tolerancia: ≥0.1mm	B.18.4	300	621	SI
Torno CNC paralelo	Mecanización de precisión: pulido, tolerancia: <0.1mm	B.18.5	500	1292	SI
Torno mecánico paralelo 2.5m	Mecanización basta y media tolerancia: ≥0.1mm	B.18.4	300	218	NO
Corte por electro hilo	Mecanización basta y media tolerancia: ≥0.1mm	B.18.4	300	78	NO
Torno mecánico paralelo 1.5m	Mecanización basta y media tolerancia: ≥0.1mm	B.18.4	300	67	NO

Equipo	Tipo de interior, tarea y actividad	No. Referencia INEN2969-1	Requisito de la Norma (Lx)	Medición en el equipo (Lx)	Cumple o no cumple
Fresadora Universal 12.1	Mecanización basta y media tolerancia: ≥0.1mm	B.18.4	300	319	SI
Fresadora Universal 10.1	Mecanización basta y media tolerancia: ≥0.1mm	B.18.4	300	67	NO
Soldadora de proceso MIG	Soldadura	B.18.3	300	78	NO
Banco de pruebas hidrostáticas	Montaje Medio	B.18.11	300	128	NO
Área de montaje y desmontaje	Montaje Medio	B.18.11	300	256	NO
Máquina de corte por sierra circular	Mecanizado medio y basta, tolerancia: ≥0.1mm	B.18.4	300	456	SI

Nota: Tabla elaborada por el autor.

A partir de los datos obtenidos en la evaluación de niveles de iluminación, se elaboró una matriz de cumplimiento normativo basada en la norma INEN 2969-1, asignando un valor de 1 para cumplimiento y 0 para no cumplimiento. Adicionalmente, se estableció una ponderación equitativa para equipo evaluado, como se puede ver en la **Tabla 11.**

Tabla 11.

Mariz de Evaluación de Iluminación

Ítem	Equipo	Cumplimiento	Valor	Ponderación	Puntaje
1	Torno mecánico 1.5	Cumple	1	9.09%	9.09
2	Torno CNC	Cumple	1	9.09%	9.09
3	Torno mecánico 2.5	No Cumple	0	9.09%	0
4	Corte por electro hilo	No Cumple	0	9.09%	0
5	Torno mecánico 1.5	No Cumple	0	9.09%	0
6	Fresadora 12.1	Cumple	1	9.09%	9.09
7	Fresadora 10.1	No cumple	0	9.09%	0
8	Soldadora MIG	No Cumple	0	9.09%	0

Ítem	Equipo	Cumplimiento	Valor	Ponderación	Puntaje
9	Banco de Pruebas	No Cumple	0	9.09%	0
10	Montaje y desmontaje	No Cumple	0	9.09%	0
11	Sierra Circular	Cumple	1	9.09%	9.09
			TOTAL	99.99%	36.36

Nota: elaborada por el autor.

Los resultados muestran un nivel de cumplimiento de 36.36%, lo que ubica a la empresa en un nivel **deficiente,** evidenciando que la mayoría de los puestos de trabajo no cumplen con niveles mínimos de iluminación requerida. Esta situación puede generar riesgos operativos, afectare la precisión de los procesos de mecanizado y comprometer la seguridad de los trabajadores.

Para la medición de los niveles de iluminancia en cada puesto de trabajo, en función de la actividad desarrollada, se utilizó un luxómetro debidamente certificado y calibrado. Este instrumento permitió obtener valores precisos de luminosidad en cada equipo evaluado. Las especificaciones técnicas del equipo de medición se detallan en la **Tabla 12.**

Tabla 12.

Características del Luxómetro.

Marca	**AOPUTTRIVER**
Modelo	**AP-881D**
Rango de medición	**0.01-400000Lux**
Sensor	**Giratorio de 360°**
Otras características	**Luz led trasera**

Nota: Elaborado por el autor.

En el área de producción se dispone de iluminación natural proveniente del acceso principal, lo cual beneficia a los equipos ubicados en esa zona, tal como se observa en la **Figura 6,** Específicamente, el torno paralelo manual de 1,5 m entre puntas y el torno CNC registraron niveles de iluminancia de 621 lux y 1292 lux, respectivamente. No obstante, en el resto de los puestos de trabajo y máquinas-herramienta evaluados, los valores medidos no cumplen con los niveles mínimos de iluminancia establecidos en la normativa técnica aplicable.

Considerando que en las demás máquinas también se desarrollan actividades que requieren precisión y, por tanto, adecuados niveles de iluminación, se constató la presencia de luminarias instaladas en el área; sin embargo, estas no garantizan condiciones óptimas de visibilidad en los puestos de trabajo. En consecuencia, se realizó un inventario detallado de todas las luminarias existentes en el área de producción, incluyendo sus respectivas características técnicas, información que se presenta en la **Tabla 13.**

Tabla 13.

Inventario de Luminarias.

Tipo de luminaria	**Modelo**	**Características**
Bombillo led	661492	50W
Lampara LED doble tubo	T8	18W
Luminaria hermética tubo LED	LEDEX	25W
Lámpara fluorescente doble tubo	Philips	15W
Reflector LED	Bella lux	30W

Nota: Elaborada por el autor.

Ninguna de las luminarias existentes en el área de producción de la empresa ayuda a la mejora de la visibilidad del área de trabajo, ya que se encuentran instaladas a una altura que no es la adecuada para que cumplan su función, como se puede ver en la **Figura 14.**

Figura 14.

Luminarias del Área de Producción.

Nota: Elaborado por el autor.

Cabe mencionar que el techo del área de producción de la empresa está a una altura de 6m con una caída de 5° de inclinación para evacuar las aguas lluvias y como se ve la **Figura 14,** las luminarias están a la misma altura del techo.

Debido a las tareas de mecanizado, montaje y desmontaje de precisión que se realizan, las luminarias deberían estar más bajas o se debería tener un sistema complementario que ayude a la mejora de la visibilidad en el área de trabajo.

No existe una normativa que fije una altura única y obligatoria para instalar luminarias en el área de producción. Lo que si establece en la NEC, son los niveles mínimos de iluminación en LUX sobre el plano de trabajo y a partir de esos niveles se define la altura y distribución de las luminarias según el diseño de la nave industrial.

Conclusión del diagnóstico.

El presente capitulo desarrolla un diagnostico técnico y operativo de la empresa, mediante la aplicación de herramientas de ingeniería industrial y criterio normativos, con el propósito de identificar problemáticas, cuantificar requerimientos y establecer lineamientos de diseño. El análisis efectuado evidencia que la empresa INSEIN Ecuador presenta deficiencias en la distribución de planta y su sistema eléctrico, lo que limita las condiciones de seguridad, eficiencia operativa y cumplimiento normativo vigente, además de restringir su capacidad de crecimiento. En este sentido, se determina la necesidad de un rediseño integral que permita optimizar los espacios productivos y mejorar la infraestructura eléctrica.

Finalmente, este capítulo constituye la base técnica y metodológica sobre la cual se sustentan las propuestas de mejora que se desarrollarán en el capítulo siguiente.

Área de estudio

Tabla 14.

Área de Estudio.

Área de estudio	
Dominio	Tecnología y Sociedad
Línea de investigación	Sistemas Industriales
Sub línea de investigación	Diseño e implementación de plantas de procesos y sistemas electromecánicos, para satisfacer necesidades del sector productivo y de servicios mediante herramientas automatizadas
Campo	Ingeniería Industrial
Área	Instalaciones Industriales Diseño de Planta

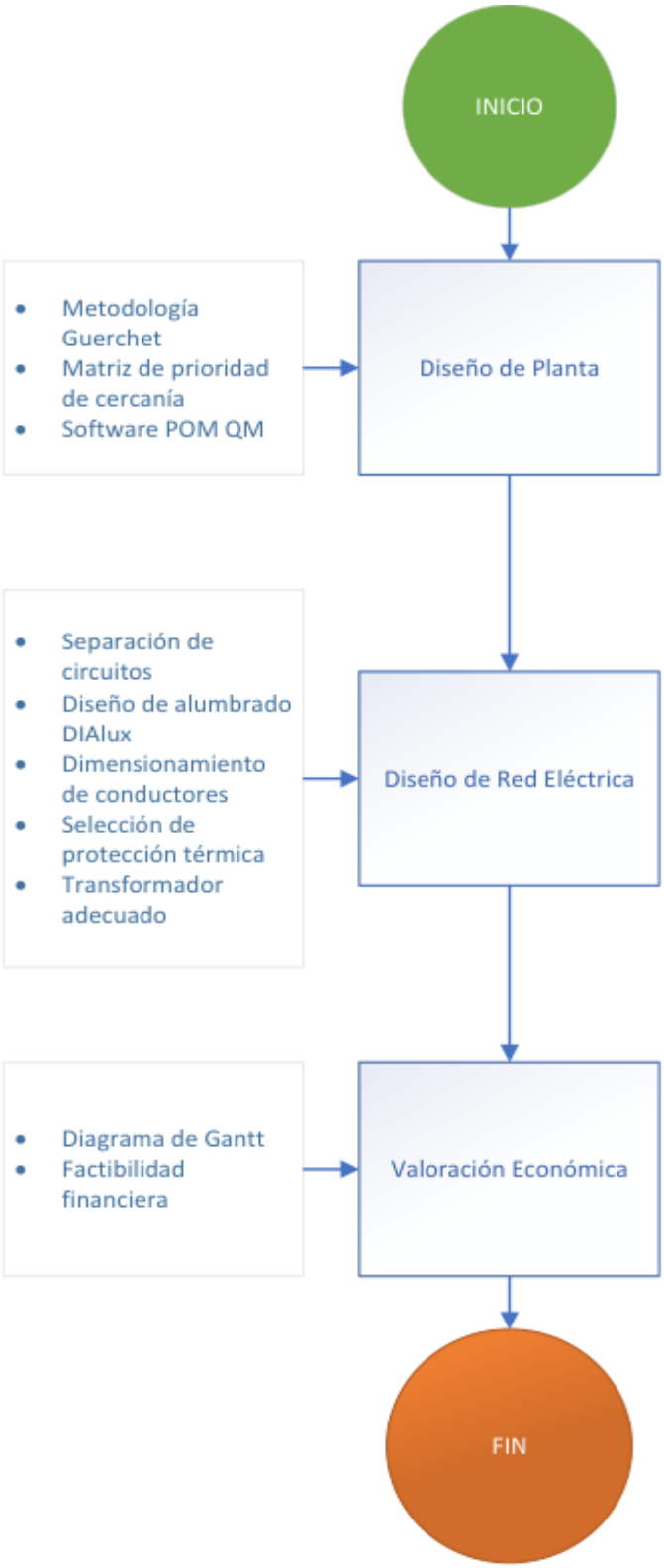
Aspectos	Rediseño de Distribución de Planta Rediseño de Red Eléctrica
Objeto de estudio	Rediseño de Planta y red eléctrica en la empresa INSEIN Ecuador
Periodo de análisis	Octubre 2025 a marzo de 2026

Nota: Adaptada por el autor.

Modelo Operativo

Figura 15.

Modelo Operativo.



Nota: Elaborada por el autor, en Software Visio.

Desarrollo del modelo operativo.

Diseño de planta. – Diseño de Planta Industrial es el concepto amplio que engloba toda la planificación de una fábrica, incluyendo el edificio, las instalaciones de soporte y la distribución interna. El objetivo fundamental de un buen diseño de planta es lograr una producción segura, de calidad y al menor costo posible. (MANUFACTURA, 2024)

Diseño de Red Eléctrica. – Un sistema eléctrico no es solo los cables, cajetines y protecciones; es el sistema mediante el cual la planta de producción puede ser alimentada para poder iniciar la actividad productiva.

El correcto diseño, ejecución y mantenimiento ayuda a que la producción se realice de forma eficiente, segura y sin interrupciones. Pero cuando la planificación está mal, los problemas aparecen tarde o temprano teniendo paradas de producción y riesgos eléctricos para los colaboradores. (Aranjuez, 2025)

Valoración Económica. – El valor económico se refiere a la relevancia que puede tener un bien o servicio desde el punto de vista económico. Este valor generalmente se expresa en términos monetarios y está relacionado con las preferencias y percepciones de los individuos dentro de una sociedad. Para identificar y analizar los beneficios o costos derivados de modificaciones en los ecosistemas, es necesario aplicar métodos y herramientas fundamentados en la teoría económica. La estimación del valor económico de los bienes y servicios permite comparar de manera más clara los beneficios y los costos, lo cual facilita el proceso de análisis y toma de decisiones. (GOV.CO, 2023)

Capítulo III

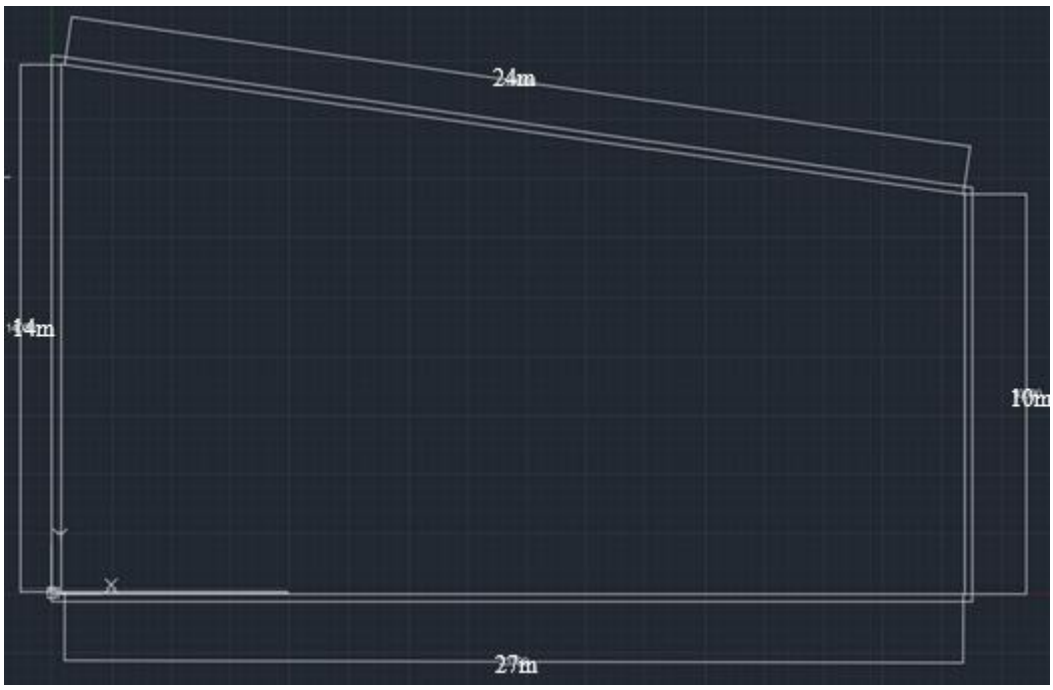
Propuesta y Resultados Esperados

Presentación de la propuesta.

Una vez que se ha realizado el diagnóstico de la planta de producción de la empresa INSEIN Ecuador, se procede a realizar el desarrollo de la propuesta de rediseño de la misma, la cual se realizará en una nueva área dentro de la misma empresa, en donde se cuenta con 292.16 m² libres para la colocación de los equipos fijos y móviles con que cuenta la empresa, como se puede ver a continuación en la **Figura *16*.**

Figura 16.

Área de reubicación de las máquinas.

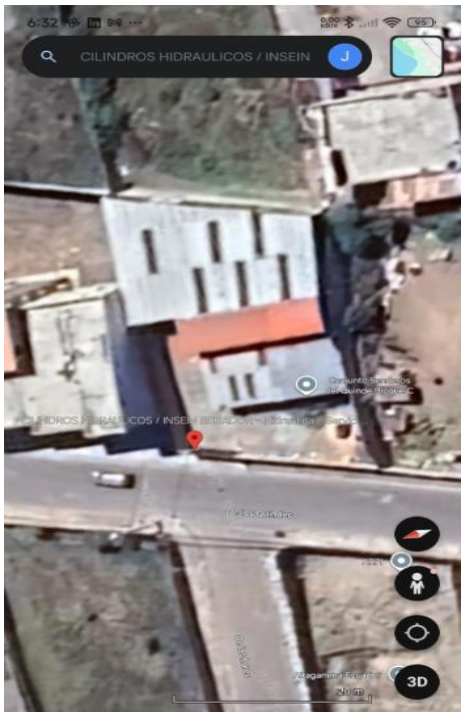


Nota: elaborada por el autor en AutoCAD, se muestra el área de reubicación de las máquinas.

La empresa INSEIN Ecuador se encuentra ubicada al norte de Quito, en el sector de Zabala, en las calles de los Quindes y Loros, como se puede ver en la **Figura *17*. E**n la misma se puede ver con claridad la forma trapezoidal del terreno, no es una figura habitual como un rectángulo o cuadrado.

Figura 17.

Ubicación de INSEIN Ecuador.



Nota: fotografía tomada de (Google Earth).

Se han identificado deficiencias relacionadas con la organización y planificación de las áreas de trabajo, para corregirlas se propone lo siguiente:

- Obtener las áreas totales de cada equipo fijo y móvil, mediante el método Guerchet.
- Identificar las diferentes áreas de trabajo de la planta de producción.
- Proponer una distribución correcta de los equipos fijos, mediante el uso del Software QM for Windows V5

Desarrollo de propuesta.

Rediseño de planta de producción.

Obtención de áreas totales de las máquinas.

Para realizar el cálculo de las áreas de los equipos fijos y móviles utilizando el método de Guerchet, se debe tomar en cuenta sus dimensiones (largo, ancho, alto), las caras por las que se puede trabajar en cada una de ellas; para los elementos móviles, no se tomara en cuenta el número de lados por los que se puede trabajar y para el personal que labora en el área, únicamente se toma en cuenta una superficie estática de 0.5 m2. (Ramón, 2024).

Existen 3 diferentes superficies que se calcula para obtener las superficies totales.

- **Superficie estática (SS)**

Su fórmula es la siguiente:

Ecuación (1)

$$\boldsymbol{Superficie\ est\acute{a}tica = largo * ancho} \qquad \textbf{(1)}$$

Donde.

Largo, es la longitud que mide la máquina o equipo

Ancho, es la medida del ancho de la máquina o equipo

- **Superficie gravitacional (SG)**, su fórmula es la siguiente:

Ecuación (2)

$$\boldsymbol{Superficie\ Gravitacional = SS * N} \qquad \textbf{(2)}$$

Dónde:

SS, es la superficie estática

N, es el número de lados por donde es operable el equipo.

Determina la superficie por donde el operario del equipo o máquina puede realizar las operaciones de mecanizado.

- **Superficie de Evolución (SE)**. Determina un espacio suficiente para poder realizar actividades de revisión y mantenimiento del equipo. Su fórmula es la siguiente:

Ecuación (3)

$$\boldsymbol{Superficie\ de\ Evolución} = (\boldsymbol{SS} + \boldsymbol{SG}) * \boldsymbol{K} \quad (3)$$

Donde:

SS, es la superficie estática

SG, es la superficie gravitacional

K, es el coeficiente de los promedios de las alturas de los elementos fijos y móviles.

- **Cálculo del coeficiente K**

Para el cálculo del coeficiente ***K,*** se utilizan las siguientes fórmulas

Ecuación (4)

$$\boldsymbol{K} = \frac{\boldsymbol{hEM}}{(\boldsymbol{2} * \boldsymbol{hEE})} \quad (4)$$

Donde.

hEM, es el promedio de las alturas de todos los equipos móviles

hEE, es el promedio de todas las alturas de los equipos fijos

Para realizar el cálculo de los promedios de las alturas de los elementos móviles (hEM) se usa la siguiente fórmula:

Ecuación (5)

$$\boldsymbol{hEM = \frac{(\sum Ss * n * n)}{(\sum Ss * n)}} \quad (5)$$

Donde:

Ss, es la superficie estática de cada elemento

h, Atura de cada elemento móvil

n, número de elementos móviles

Para el cálculo de los promedios de los elementos fijos (hEE), se usa la siguiente fórmula:

Ecuación (6)

$$\boldsymbol{hEE = \frac{(\sum Ss * n * h)}{(\sum Ss * n)}} \quad (6)$$

Donde:

Ss, superficie estática de cada elemento

h, altura de cada elemento estático

n, número de elementos fijos

A modo de demostración se realizará los cálculos para uno de los equipos fijos de planta de producción, torno mecánico paralelo, el cual tiene las siguientes medidas:

Largo= 2.7m

Ancho= 0.75m

Alto= 0.8m.

Lo primero a calcular es, el **Superficie Estática,** la cual se calcula con la **Ecuación 1,** usando los datos que tenemos como referencia.

$$\boldsymbol{Superficie\ est\acute{a}tica = largo * ancho}$$

$$\boldsymbol{Superficie\ est\acute{a}tica = 2.7 * 0.75}$$

$$\boldsymbol{Superficie\ est\acute{a}tica = 2.025m^2}$$

Lo siguiente es calcular la **Superficie Gravitacional,** para ello se hace uso de la **Ecuación 2**, teniendo la información de la superficie estática calculada anteriormente, además la formula pide el número de lados por donde se puede operar la máquina, en este caso es 1.

$$\boldsymbol{Superficie\ Gravitacional = SS * N}$$

$$\boldsymbol{Superficie\ Gravitacional = 2.025 * 1}$$

$$\boldsymbol{Superficie\ Gravitacional = 2.025m^2}$$

Para realizar el cálculo de la **Superficie de Evolución,** se debe tomar en cuenta la suma de las superficies estática y gravitacional, todo multiplicado por una constante ***K,*** que en este caso es de 1.1, para ello se usa la **Ecuación 3.**

$$\boldsymbol{Superficie\ de\ Evoluci\acute{o}n = (SS + SG) * K}$$

$$\boldsymbol{Superficie\ de\ Evoluci\acute{o}n = (2.025 + 2.025) * 1.1}$$

$$\boldsymbol{Superficie\ de\ Evoluci\acute{o}n = 4.455m^2}$$

La superficie total que requiere el torno manual convencional dentro de la planta de producción, para que los procesos fluyan sin inconvenientes, las tareas de mantenimiento preventivo se den sin obstáculos que lo impidan realizar, y que las herramientas y accesorios que se necesite para la correcta operación del equipo estén siempre a la mano, es la sumatoria de todas las superficies calculadas anteriormente como se puede ver a continuación:

Superficie total= SS + SG + SE

Superficie total: 2.025 + 2.025 + 4.455

Superficie total = 8.505m²

La **Tabla 13,** muestra los cálculos realizados tanto a equipos fijos como a equipos móviles, siguiendo las mismas operaciones que se realizaron anteriormente y tomando en cuenta cada medida tomada en los equipos de la planta.

Los cálculos realizados para obtener la superficie de evolución de los equipos y máquinas, tomando en cuenta los que son fijos y los que son móviles se muestran en la Tabla 15.

Aplicación del método de Guerchet.Tabla 15. Cálculo de las superficies de los equipos. Método Guerchet.

Elemento fijo	Cantidad de máquinas (n)	Número de lados de operación (N)	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Superficie estática SS (largo x ancho) (m²)	Área Total AT=Axn (m²)	Superficie Gravitacional SG=SSxN (m²)	ATxH (m)	SS+SG (m²)	Hlem (m)	Hlef (m)	K	Superficie de Evolución SE=(SS+SG)K (m²)	St=(SS+SG+ES+SE) (m²)	St Total (m²)
Torno Paralelo mecánico	1	1	2,70	0,75	0,80	2,03	2,03	2,03	1,62	4,05	3,30	1,49	1,10	4,47	8,52	8,52
Escritorio	1	1	1,75	0,60	0,60	1,05	1,05	1,05	0,63	2,10				2,32	4,42	4,42
Torno CNC	1	1	2,00	1,20	1,80	2,40	2,40	2,40	4,32	4,80				5,30	10,10	10,10
Succionador de Viruta	1	1	0,90	0,87	2,00	0,78	0,78	0,78	1,57	1,57				1,73	3,30	3,30
Estantería	1	3	1,25	0,80	2,00	1,00	1,00	3,00	2,00	4,00				4,42	8,42	8,42
Torno Paralelo Mecánico 2	1	1	3,30	0,70	0,80	2,31	2,31	2,31	1,85	4,62				5,10	9,72	9,72
Fresadora Universal	1	3	1,40	1,50	2,00	2,10	2,10	6,30	4,20	8,40				9,28	17,68	17,68
Fresadora Universal 2	1	3	1,70	1,60	2,30	2,72	2,72	8,16	6,26	10,88				12,02	22,90	22,90
Torno Paralelo Mecánico 3	1	1	2,50	0,55	0,80	1,38	1,38	1,38	1,10	2,75				3,04	5,79	5,79

Elemento fijo	Cantidad de máquinas (n)	Número de lados de operación (N)	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Superficie estática SS (largo x ancho) (m²)	Área Total AT=Axn (m²)	Superficie Gravitacional SG=SSxN (m²)	ATxH (m)	SS+SG (m²)	Hlem (m)	Hlef (m)	K	Superficie de Evolución SE=(SS+SG)K (m²)	St=(SS+SG+ES+SE) (m²)	St Total (m²)
Corte por electro hilo	1	3	2,80	2,00	1,90	5,60	5,60	16,80	10,64	22,40				24,74	47,14	47,14
Mesa de trabajo	1	4	1,50	1,15	0,60	1,73	1,73	6,90	1,04	8,63				9,53	18,15	18,15
Estantería 2 ELEMENTOS MÓVILES	1	3	1,20	0,50	2,00	0,60	0,60	1,80	1,20	2,40				2,65	5,05	5,05
Caretilla hidráulica	1	-	1,20	0,80	0,80	0,96	0,96		0,77							
Soldadoras MIG	3	-	0,80	0,40	0,80	0,32	0,96		0,77							
Trabajadores	3				1,70	0,50	1,50		2,55							
							27,11	total	40,50						TOTAL, ÁREA REQUERIDA	164,6
total, hem							3,42		11,29							

Nota. Tabla elaborada por el autor.

Una vez efectuados los cálculos correspondientes, se determinó que la superficie total requerida para la instalación de las máquinas, incluyendo sus elementos móviles y áreas de operación, es de 164,6 m². Este valor resulta técnicamente viable, considerando que el área total disponible del piso es de 292,16 m², lo cual permite organizar y redistribuir los equipos bajo criterios técnicos de priorización, funcionalidad y proximidad operativa.

Identificación de las diferentes zonas de trabajo en la planta de producción.

INSEIN Ecuador es una organización con su sistema de producción de carácter variable, fundamentado en la flexibilidad operativa y la capacidad de ajuste de sus procesos frente a condiciones dinámicas del mercado, por lo que la distribución de las máquinas se realizará utilizando a la metodología de **Fabricación por Proceso**, que según (Bocancel, Rosas Echeverría , & Bocancel Marín , 2021) es cuando el personal y los equipos trabajan en una misma función donde se agrupan en una misma área, de ahí que estas distribuciones también son llamadas: por funciones o por talleres.

Las operaciones de un mismo tipo de procesos se agrupan en sectores determinados: torneado en una zona, fresado en otra, soldadura en otra, corte por hilo en otra y montaje y desmontaje en otra, etc. Por lo mencionado anteriormente, la planta de producción se dividirá en zonas de trabajo, debidamente separadas por sus procesos de producción. La misma se puede ver a continuación en la **Tabla 16.**

Tabla 16.

Zonas de Trabajo de la Planta de Producción.

ZONA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD DE MÁQUINAS
A (Torno CNC)	Torneado CNC, fabricación de retenes, sellos	**1** torno CNC

ZONA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD DE MÁQUINAS
	hidráulicos, limpiadores, etc. Elastómeros y plastómeros	
B (Torno)	Torneado de aceros comunes, fabricación de piezas metálicas y recuperación accesorios hidráulicos,	**3** tornos mecánicos paralelos manuales
C (Fresado)	Fresado, mecanizado de piezas en aceros comunes, taladros, chaveteros, planeado, corte de engranajes, etc.	**2** fresadoras Universales manuales y automáticas
D (Soldadura)	Soldadura de piezas en acero al carbón, inoxidable y aluminio, para hermetizar cilindros hidráulicos o recuperar piezas	**3** soldadoras industriales para proceso MIG MAG hasta 250Amp
E (Corte por electro hilo)	Corte de piezas en cualquier tipo de metal, diseños únicamente en 2D	**1** máquina de corte por electro hilo
F (Montaje y Desmontaje)	Mesa de trabajo para montaje y desmontaje de	**1** mesa trabajo

ZONA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD DE MÁQUINAS
	piezas de precisión y trabajos varios	

Nota: tabla elaborada por el autor.

Para definir el metraje de las áreas (m²), de cada zona de trabajo, se realizará la sumatoria de las superficies de las máquinas que se calculó en la Tabla 15.**,** donde se aplicó el método de Guerchet, obteniendo la información como se muestra en la **Tabla 17.**

Tabla 17.

Metraje de cada zona.

ZONA	CANTIDAD DE MÁQUINAS	ÁREA TOTAL
A (CNC)	1	13.40 m2
B (TORNO)	3	24.03 m2
C (FRESADO)	2	40.58 m2
D (SOLDADURA)	3	0.96 m2
E (CORTE POR ELECTRO HILO)	1	47.14 m2
F (MONTAJE Y DESMONTAJE)	3	18.15 m2
TOTAL		144.26 m2

Nota: elaborado por el autor.

Para la definición y ubicación de las áreas de trabajo dentro de la planta de producción, se aplicará el método de Distribución Cualitativa por Prioridad de Cercanía, considerando la naturaleza de producción variable que caracteriza a la empresa INSEIN

Ecuador, según (Bocancel, Rosas Echeverría , & Bocancel Marín , 2021) la técnica más adecuada para este tipo de entorno productivo es el método desarrollado por Muther y Wheeler, denominado *Systematic Layout Planning* (SLP), el cual permite estructurar la distribución espacial en función de relaciones funcionales, flujo de materiales y requerimientos operativos.

Cuando se está organizando los espacios dentro de una empresa es clave decidir qué tan cerca deberían estar unos departamentos de otros. Para facilitar esta decisión, existe un sistema bastante práctico que usa las vocales del abecedario como un código para clasificar la importancia de que dos departamentos estén próximas entre sí. La cual es una escala que va desde lo más urgente hasta lo menos relevante, y se basa en el orden de las 5 vocales: A, E, I, O, U y X.

La asignación de las vocales funciona de la siguiente manera:

A, absolutamente necesaria.

Si dos departamentos tienen una relación tan estrecha que necesitan estar prácticamente uno al lado del otro, se les asigna la letra A. Esto significa que su cercanía no es negociable.

E, especialmente importante.

Esta categoría indica que sería muy beneficioso que los departamentos estén cerca, aunque no sea tan critico como en el caso anterior. La proximidad facilita el trabajo, mejora la eficiencia y reduce tiempos, pero si no se puede lograr no es de mucha importancia.

I, importante.

Se comprende que una cercanía sería útil, pero no esencial, si no se puede lograr, se puede compensar con otros medios. Es una relación funcional pero no vital.

O, importancia ordinaria.

En este caso la cercanía entre departamentos no aporta mucho valor adicional, pueden estar en diferentes pisos o diferentes edificios distintos sin que esto afecte demasiado el flujo de trabajo. No hay necesidad real de que estén cerca.

U, no importante.

Esta letra se usa cuando no hay ninguna razón para que dos departamentos estén cerca. No tienen relación directa, no comparten procesos, ni se comunican con frecuencia. Pueden estar en planos opuestos sin problema.

X, indeseable.

Esta es una categoría especial que indica que, más allá de no ser necesario, sería contraproducente que dos departamentos estén cerca, talvez porque generan interferencias, distracciones o incluso conflictos.

Junto al código de las vocales, existe también un código numérico que indica las razones por las cuales las cercanías deben tener una importancia, como se puede ver la **Figura *17*.** juntos los dos grupos de códigos permiten amar la matriz de relaciones entre departamentos.

Figura 18.

Códigos de prioridad de cercanía.

Valor	Prioridad de cercania	Código de lineas
A	Absolutamente	
E	Especialmente	
I	Importante	
O	Importancia	
U	Indiferente	
X	Indeseable	

Código	Razón
1	Flujo de trabajo
2	Espacios y/o equipos
3	Seguridad e higiene
4	Personal común
5	Facilidad supervisión
6	Contacto necesario
7	Psicología

Nota: Tabla tomada de (Bocancel, Rosas Echeverría , & Bocancel Marín , 2021)

Para la construcción de la matriz de relaciones se tomará en cuenta los códigos alfa-numéricos mencionados anteriormente y considerando la ponderación numérica, en la cual también intervino el jefe de producción de la empresa para proponerlos. A continuación, se detalla la información en la **Tabla 18.**

Tabla 18.

Matriz de Interrelaciones.

ZONAS	A	B	C	D	E	F	ZONAS
A		E 1	O 6	U	O	U	A CNC
							B Torno
B			E 1	E 1	O 6	O 6	C Fresado
							D Soldadura
C				I 4	O 6	O 4	E Corte Hilo
							F Mon. Desm
D					O 4	I 6	
E						U	
F							

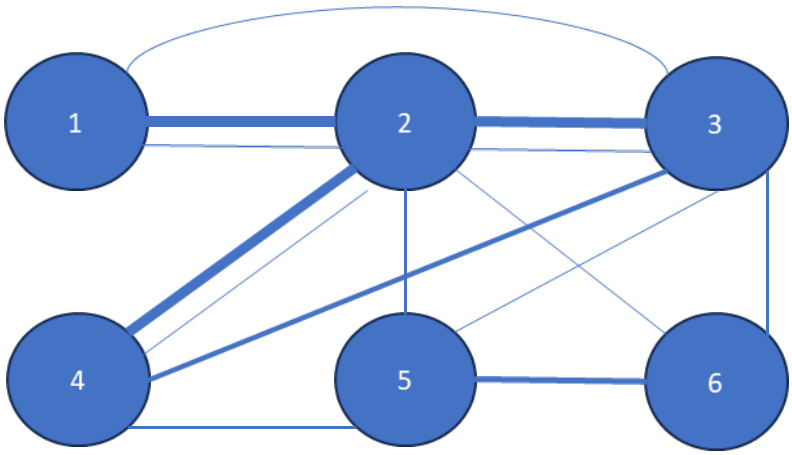
Nota: elaborada por el autor.

Una vez definida la matriz de interrelaciones entre departamentos, el siguiente paso consiste en representar gráficamente su distribución. Para ello se dibujan círculos que simbolizan cada área funcional, siguiendo el mismo orden en que aparecen en la matriz. Como se puede observar en la

Figura 19. Estos círculos se conectan mediante líneas o arcos que indican la prioridad de cercanía entre departamentos, basándose en criterios como frecuencia de interacción, flujo de materiales, dependencia operativa o necesidades de supervisión directa. Esta visualización gráfica facilita el análisis espacial y permite optimizar el Layout, reduciendo tiempos de desplazamiento, mejorando la comunicación interna, y favoreciendo la eficiencia operativa.

Figura 19.

Gráfica actual de Inter relaciones entre departamentos.



Nota: elaborada por el autor.

Como se puede observar, el gráfico muestra las inter relaciones entre los departamentos, las relaciones se ven confusas y no tiene orden de flujo de trabajo. Por lo que se propone un nuevo modelo de gráfico de relaciones mediante el cual se puede mejorar el flujo de trabajo y sus interrelaciones.

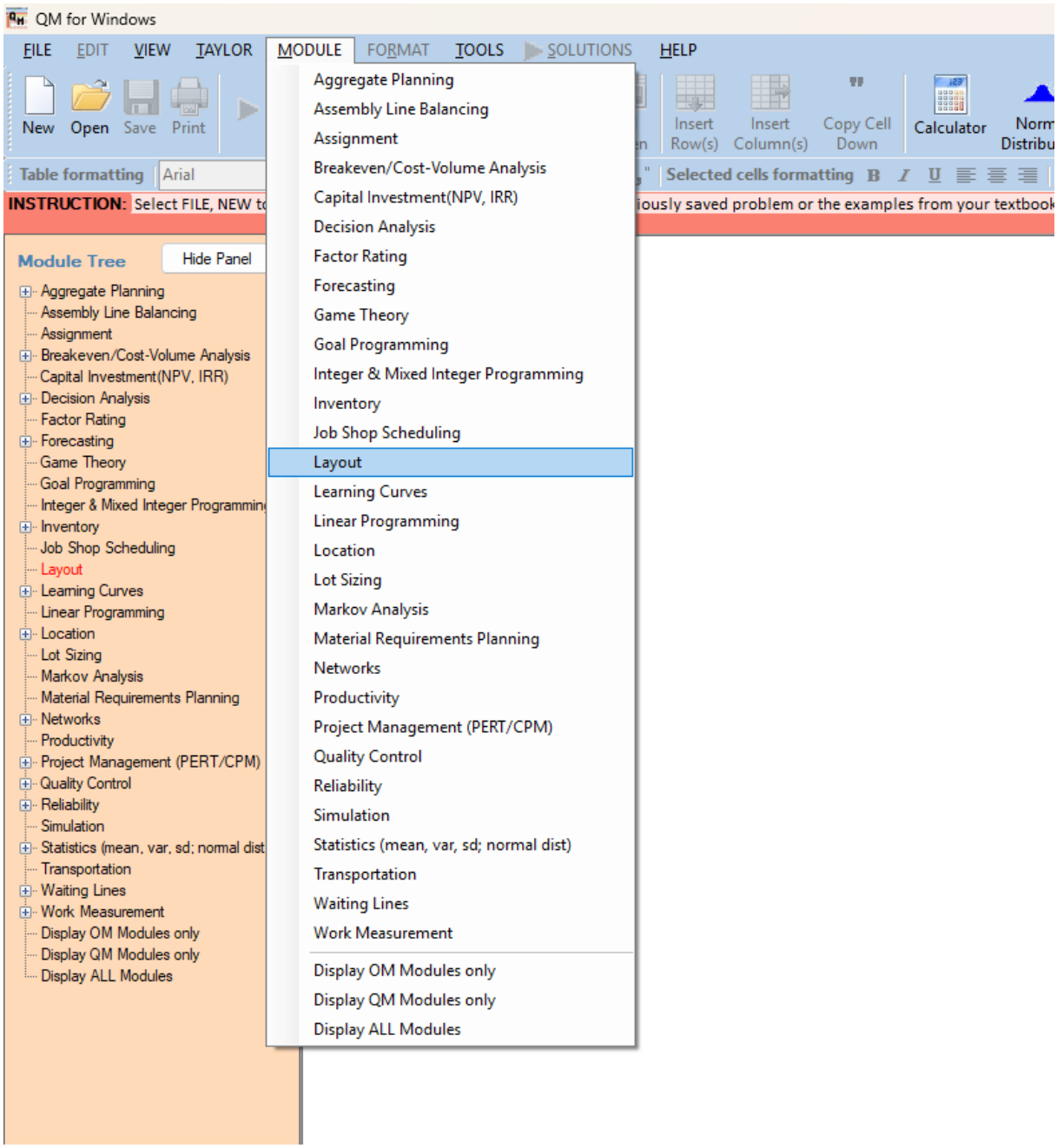
Aplicación del Software POM QM para ubicación de equipos.

Para el diseño del Layout de la planta de producción, teniendo en cuenta la información anteriormente mencionada se procederá a realizar la optimización de las zonas de trabajo mediante el Software POM QM for Windows, el cual nos permitirá obtener la mejor distribución de las máquinas en la planta, gracias a miles de iteraciones que las realiza en cuestión de segundos para obtener el resultado idóneo. Para ello se procede de la siguiente manera:

Una vez que se haya instalado el Software en el ordenador, se abre el programa y en la barra de tareas se escoge la pestaña de MODULE, a continuación, se toma la opción LAYOUT, como se puede ver en la **Figura *20*.**

Figura 20.

Software QM for Windows

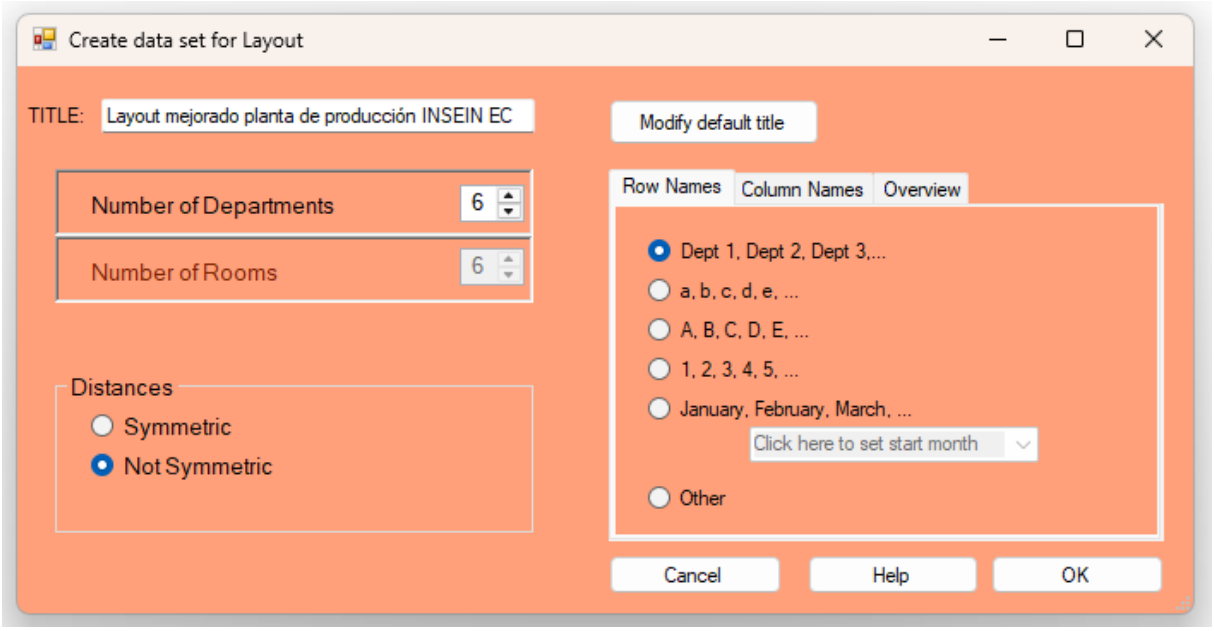


Nota: elaborada por el autor. Software POM QM for Windows.

En la ventana de configuración inicial del software, se debe ingresar el título correspondiente al proyecto y especificar el número de departamentos o áreas funcionales que serán distribuidos dentro de la planta, tal como se muestra en la **Figura *21*.** En cuanto a la definición de distancias entre departamentos, para el presente proyecto se considera que estas no son simétricas, debido a las características particulares de cada área y a los requerimientos operativos específicos. Por tal motivo, se selecciona la opción de distancias no simétricas, permitiendo un modelado más preciso de las relaciones espaciales reales dentro de la planta.

Figura 21.

Nombre del proyecto.



Nota: ventana de inicio para la distribución de los departamentos.

En la ventana siguiente se debe colocar en una matriz desde – hasta, los recorridos que se realizan semanalmente entre departamentos, los mismo que tienen relación con la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., para ello, se toma información de la empresa, basado en ordenes de producción para saber el número de veces que esos recorridos se realizan semanalmente.

En este caso, la información proporcionada permite llenar la tabla como se puede ver en la **Figura *22*.**

Figura 22.

Matriz de recorridos semanal entre departamentos.

Distances: Symmetric / Not Symmetric — Method: Explicit enumeration — Movement Cost: 0,00

Layout mejorado. planta de producción INSEIN EC

Flow Table	Torno CNC	Torno	Fresado	Soldadura	Corte por electro hilo	Montaje y desmontaje	Fixed room
Torno CNC	0	63	41	3	1	11	
Torno	0	0	38	15	0	2	
Fresado	0	0	0	0	0	1	
Soldadura	0	0	0	0	0	4	
Corte por electro hilo	0	0	0	0	0	0	
Montaje y desmontaje	0	0	0	0	0	0	

Nota: elaborada por el autor, Software POM QM for Windows.

En la siguiente tabla se debe llenar las distancias que hay entre cada departamento, para que el Software pueda calcular la mejor distribución de las zonas de trabajo, en la **Figura *23*.** se puede ver la información obtenida.

Figura 23.

Distancias entre departamentos.

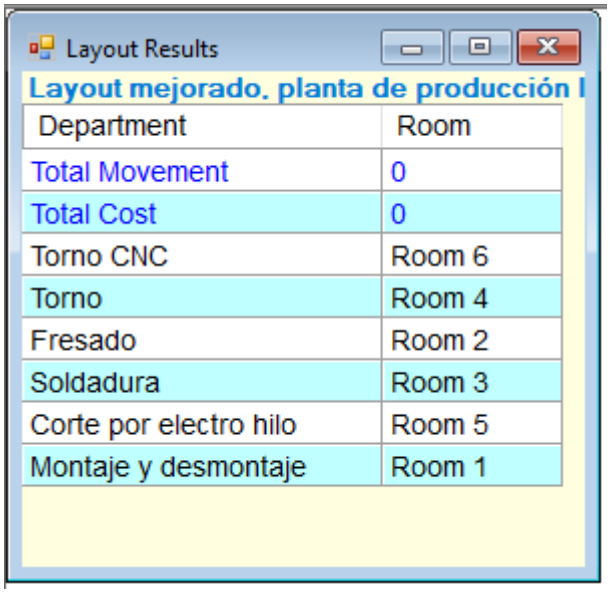
Distance Table	Room 1	Room 2	Room 3	Room 4	Room 5	Room 6	xxxxxx
Room 1	0	6	9	12	14	16	xxxxxx
Room 2	0	0	4	6	8	10	xxxxxx
Room 3	0	0	0	2	4	6	xxxxxx
Room 4	0	0	0	0	2	4	xxxxxx
Room 5	0	0	0	0	0	2	xxxxxx
Room 6	0	0	0	0	0	0	xxxxxx

Nota: elaborado por el autor, Software POM QM for Windows.

Una vez que los datos son introducidos, ya se puede resolver la distribución, que para este caso tenía alrededor de 7500 iteraciones, el Software lo resuelve en unos segundos y la posible distribución de las zonas de trabajo para el área de producción de la empresa INSEIN Ecuador, según el Software seria como se ve en la **Figura *24*.**

Figura 24.

Layout mejorado de distribución de máquinas.



Nota: elaborado por el autor, Software POM QM for Windows.

Tomando en cuenta el resultado de los cálculos realizados por el Software POM QM, se realiza la distribución de las zonas de trabajo para el área de producción de la empresa, teniendo la distribución como se ve en la **Figura *25*.**

Figura 25.

Distribución mejorada.

Room 1 Montaje y desmontaje	Room 2, Fresado	Room 3, Soldadura
Room 4, Torno	Room 5, Corte por electro hilo	Room 6, Torno CNC

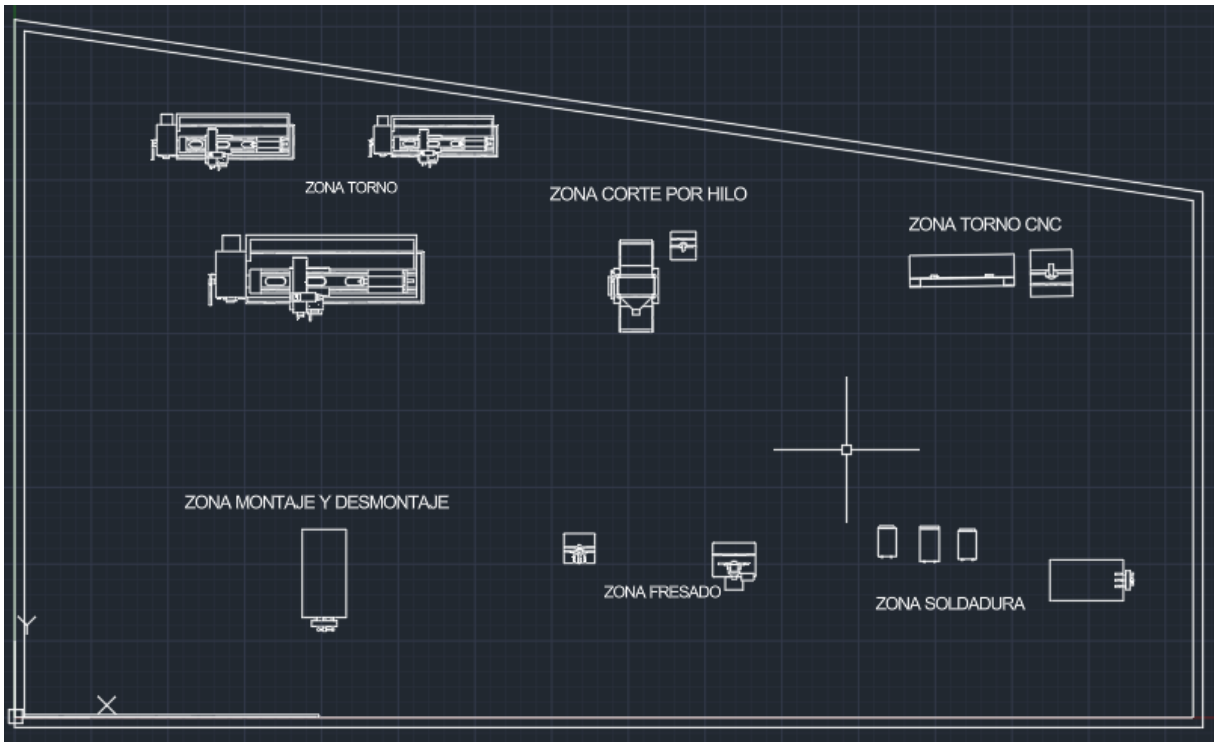
Nota: elaborada por el autor.

El Software POM QM for Windows es un programa que sirve para organizar mejor el trabajo y el espacio en un taller mecánico. Básicamente, ayuda a poner cada cosa en el lugar correcto y a trabajar más rápido, de forma que no se pierda tiempo ni dinero moviendo cosas de un lado a otro, la optimización de los movimientos y fluidez del trabajo que se calculó con

el Software queda plasmado en la **Figura *26*.** donde se muestra la ubicación de las zonas de trabajo y sus áreas correspondientes.

Figura 26.

Propuesta de Ubicación de maquinaria en Planta.



Nota: elaborado por el autor en software AutoCAD.

Una vez definida la propuesta de mejora en la distribución de los equipos dentro de la nueva área destinada a la planta de producción, se procede a la elaboración de un nuevo cursograma analítico del proceso previamente estudiado en el Capítulo II (**Figura *9*.**) El objetivo de este análisis comparativo es evaluar el impacto de la redistribución planteada sobre el desempeño operativo del proceso.

En este nuevo cursograma se identifican las mejoras alcanzadas en términos de optimización de tiempos de operación, disminución de traslados internos y reducción de actividades que no agregan valor. De esta manera, se evidencia el efecto de la propuesta de layout sobre la eficiencia del flujo productivo, tal como se presenta en la **Figura *27*.**

Figura 27.

Cursograma analítico propuesto.

CURSOGRAMA ANALÍTICO PLANTA DE PRODUCCIÓN										
Hoja N°1 de: 1 Diagrama N°2			Operario ()			Material ()			Equipo (x)	
Fecha: diciembre 2025			**RESUMEN**							
Proceso: Fabricación de tapa de cilindro hidráulico		**Símb**	**Actividad**				**Act.**	**Pro.**	**Econ.**	
		○	Operación				7	7	0	
Producto: Cilindro hidráulico		⇨	Transporte				3	3	0	
		□	Inspección				2	2	0	
Método: Actual ()/ Propuesto (x)		D	Espera				0	0	0	
Operario: Alex Taipe		▽	Almacenaje				1	1	0	
Tamaño de lote: 1			Total Actividades realizadas				13	13	0	
Elaborado por: Jose Luis Erazo			Distancia total (m)				39	28	28,20%	
			Tiempo mínimo/ cilindro				5827	5530	5,10%	
N° de activid	Descripción del proceso	Cantidad	Distancia (m	Tiempo Seg	**SÍMBOLOS DEL PROCESO**					
					○	⇨	□	D	▽	
1	Recepción de acero (materia prima)	1	1	3			●			
2	Recepción de planos de construcción	1	1	2			●			
3	Trasladar materia prima al torno	1	6	3		●				
4	Preparar máquina Torno	1	1	20	●					
5	Tornear pieza según plano	1	1	3600	●					
6	Trasladas pieza a la fresadora	1	5	3		●				
7	Preparar máquina fresadora	1	1	20	●					
8	Fresar pieza según plano	1	1	1800	●					
9	Trasladar pieza a soldadura	1	3	1		●				
10	Preparar Soldadora	1	1	20	●					
11	Soldar toma hidráulica en tapa de cilindro	1	1	30	●					
12	Pulir tapa con amoladora	1	1	25	●					
13	Almacenar en bodega	1	5	3					●	
	Tiempo en segundos:		5530		7	3	2	0	1	
	Distancia en metros:		28							

Nota: Elaborado por el autor.

Al analizar el cursograma se evidencia que presenta una mejora estructural del proceso, principalmente en la reducción de recorridos internos y eliminación de tiempos muertos, aunque la reducción porcentual (5.1%) puede parecer moderada, su impacto acumulativo en producción repetitiva sería muy significativo.

Desde el enfoque de ingeniería industrial, se evidencia aplicación de:

- Simplificación del trabajo.

- Eliminación de desperdicios (muda).
- Mejora de Layout.
- Optimización de flujo.

Diseño de circuito de alumbrado.

Se considera el cumplimiento de la normativa ecuatoriana (NEC/NEC-SB e INEN) y normas internacionales (UNE EN 12464-1) para lograr una distribución eficiente de la luz. Para lo cual se debe escoger el tipo de lámparas adecuadas, el mercado ecuatoriano dispone de una amplia variedad de luminarias diseñadas para aplicaciones específicas, en función de las características del área y del entorno a iluminar. Las propiedades técnicas, condiciones de operación y campos de aplicación de cada equipo pueden consultarse en los catálogos técnicos de los fabricantes, donde se detallan parámetros como flujo luminoso, eficiencia energética, distribución fotométrica, índice de protección (IP) y vida útil. Esta información constituye un insumo fundamental para la selección adecuada de la luminaria, garantizando el cumplimiento de los requerimientos técnicos, normativos y operativos del proyecto de iluminación.

Hay tres tipos de iluminación funcional en espacios de trabajo, según (tromilux, 2020), cada tipo de iluminación tiene un papel importante en el resultado final de proyecto, los cuales son:

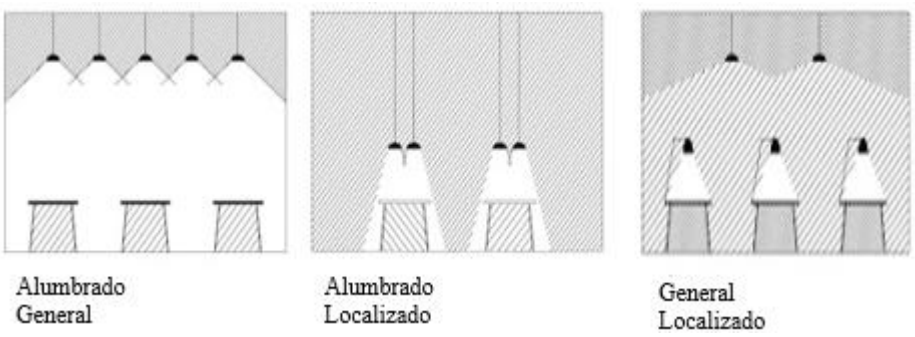
- **Alumbrado general**, tiene como finalidad garantizar una distribución homogénea y uniforme de la iluminación en todo el recinto. Su objetivo principal es lograr que el flujo luminoso se disperse de manera equilibrada sobre la totalidad del área, evitando zonas con baja iluminancia, contrastes excesivos o formación de sombras pronunciadas. Se emplea en espacios donde se requiere que se asegure condiciones adecuadas de visibilidad para el desarrollo de las actividades.

- **Alumbrado General localizado**, aquí se plantea una iluminación predominantemente general, incorporando refuerzos localizados en zonas específicas que requieren mayor nivel de iluminancia. La distribución luminosa no es completamente uniforme, ya que se ajusta la intensidad en determinados puntos estratégicos con el fin de optimizar la visibilidad o resaltar áreas de interés operativo. Esta distribución es apropiada en espacios donde se demanda una combinación equilibrada entre iluminación ambiental y niveles incrementados de luz en puestos o tareas particulares.
- **Alumbrado localizado**, en este tipo de esquema, el flujo luminoso se dirige de manera focalizada hacia zonas o elementos específicos, tales como una tarea puntual o un equipo determinado. La iluminación ambiental del resto del espacio puede mantenerse en niveles reducidos, priorizando así la concentración de luz en el área de trabajo crítica. Esta distribución se emplea en contextos donde se requiere un alto grado de precisión visual o énfasis operativo en actividades específicas.

Para este proyecto se propone un **Alumbrado Localizado**, ya que se tiene distinto requerimientos de iluminancia en cada una de las zonas de trabajo, en la **Figura 28,** se puede ver las diferencias entre los diferentes tipos de alumbrado.

Figura 28.

Tipos de alumbrado.



Nota: información tomada de (mediterraneo, 2011)

Disponer de un sistema de iluminación técnicamente adecuado en el área de producción no solo garantiza condiciones seguras de trabajo, sino que incide directamente en la eficiencia operativa, la calidad del producto final y el desempeño del personal. En entornos industriales como el taller de INSEIN Ecuador, donde se desarrollan actividades de mecanizado de precisión, soldadura y montaje de componentes, los niveles de iluminancia deben cumplir con los valores establecidos en normativa técnica aplicable, tales como la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y estándares internacionales como la EN 12464-1 para iluminación en lugares de trabajo interiores.

Los niveles de iluminancia objetivo (LUX) según la norma ecuatoriana NTE INEN 2969-1, serían los siguientes:

- Mecanizado medio / basta (≥0,1 mm): 300 lx
- Mecanizado de precisión (<0,1 mm): 500 lx
- Soldadura: 300 lx
- Montaje medio: 300 lx

Estos valores se consideran como iluminancia mantenida Em (no inicial), es decir, lo que debe existir en operación considerando depreciación. Estos también son llamados como Requisitos Complementarios recomendables que sirven para justificar la calidad visual más allá del Lux, la norma UNE-EN 12464-1 (interiores) donde los parámetros mínimos que la norma ocupa para describir una instalación son los siguientes:

- Em (iluminancia mantenida) por tarea y área (entre 300-500 lux según la actividad)
- UGR (Índice unificado de deslumbramiento): limita el deslumbramiento en zonas de trabajo.

- Uniformidad General (UO) en el plano de trabajo, propone evitar manchas y sombras duras.
- Índice de reproducción cromática (Ra /CRI), es muy importante para la seguridad e inspección visual, la recomendación típica para industria en general es CRI≥80, si se requiere de una inspección más fina, el valor puede subir.

Índice de local (Método de Lúmenes)

La evaluación de los niveles de iluminación se realiza mediante en un procedimiento que utiliza una malla de puntos de medición distribuidos de manera homogénea sobre la superficie objeto de análisis. Este método consiste en subdividir el área interior en secciones equivalentes preferentemente de geometría cuadrada, con el fin de garantizar una representación espacial adecuada de la distribución lumínica.

La iluminancia se determina en el plano de trabajo, generalmente ubicado a una altura convencional de 0,80 m sobre el nivel del piso terminado, correspondiente a la superficie donde se desarrollan las actividades laborales. A partir de los valores obtenidos en cada punto se calcula la iluminancia media del área. La confiabilidad y representatividad de este valor promedio están directamente relacionadas con el número y la correcta distribución de los puntos de medición considerados en el análisis.

Con el fin de asegurar la validez y representatividad de los resultados obtenidos, se aplica la **Ecuación 7** que permite determinar el índice de local, la cual se calcula en base al largo, ancho y altura del área de producción.

Ecuación (7)

$$\text{Índice de local} = (x * y)/l(x + y) \qquad (7)$$

Donde:

X, es el largo del terreno de la planta de producción.

Y, es el ancho del terreno de la planta de producción.

L, es la altura de montaje.

Una vez que se obtiene el índice del local, se procede a calcular el número mínimo de puntos de medición usando la … la cual nos permite obtener valor de luminarias que deberían abastecer la demanda de lux según su característica.

Ecuación (8)

$$\boldsymbol{puntos\ de\ medición} = (\boldsymbol{x} + \mathbf{2})^2 \qquad \textbf{(8)}$$

Donde:

X, es el índice de local.

Poniendo en práctica las **Ecuación 7** y **Ecuación 8**, para encontrar el índice de local y posterior los puntos mínimos de medición se realizan los cálculos a continuación.

$$Índice\ de\ local = (x * y)/l(x + y)$$

$$Índice\ de\ local = \frac{14 * 27}{12(14 + 27)}$$

$$Índice\ de\ local = 0.76 \approx 1$$

$$puntos\ de\ medición = (x + 2)^2$$

$$puntos\ de\ medición = (1 + 2)^2$$

$$puntos\ de\ medición = 9$$

Se realizan las tomas de mediciones de la planta de producción, en los sitios donde serán ubicados los equipos y maquinaria, los valores obtenidos serán tabulados en la **Tabla 17** donde se promediarán los resultados para obtener un valor LUX del recinto.

Tabla 19.

Promedio de Luxes en la Planta de Producción.

Planta de Producción (lux)

241	290	285
159	180	132
186	143	147
Promedio		195,89

Nota: elaborado por el autor.

Modelado de sistema de iluminancia.

El modelado del sistema de iluminancia se realizará con ayuda del Software gratuito DIAlux, el cual fue diseñado para poder planificar y desarrollar proyectos de iluminación para interiores como para exteriores. Mediante el uso de sus herramientas avanzadas y amplio catálogo de lámparas y luminarias es posible realizar simulaciones de proyectos con buenos niveles de exactitud lo que permite diseñar el sistema acorde a las normas internacionales y nacionales mencionadas anteriormente.

Selección de luminarias.

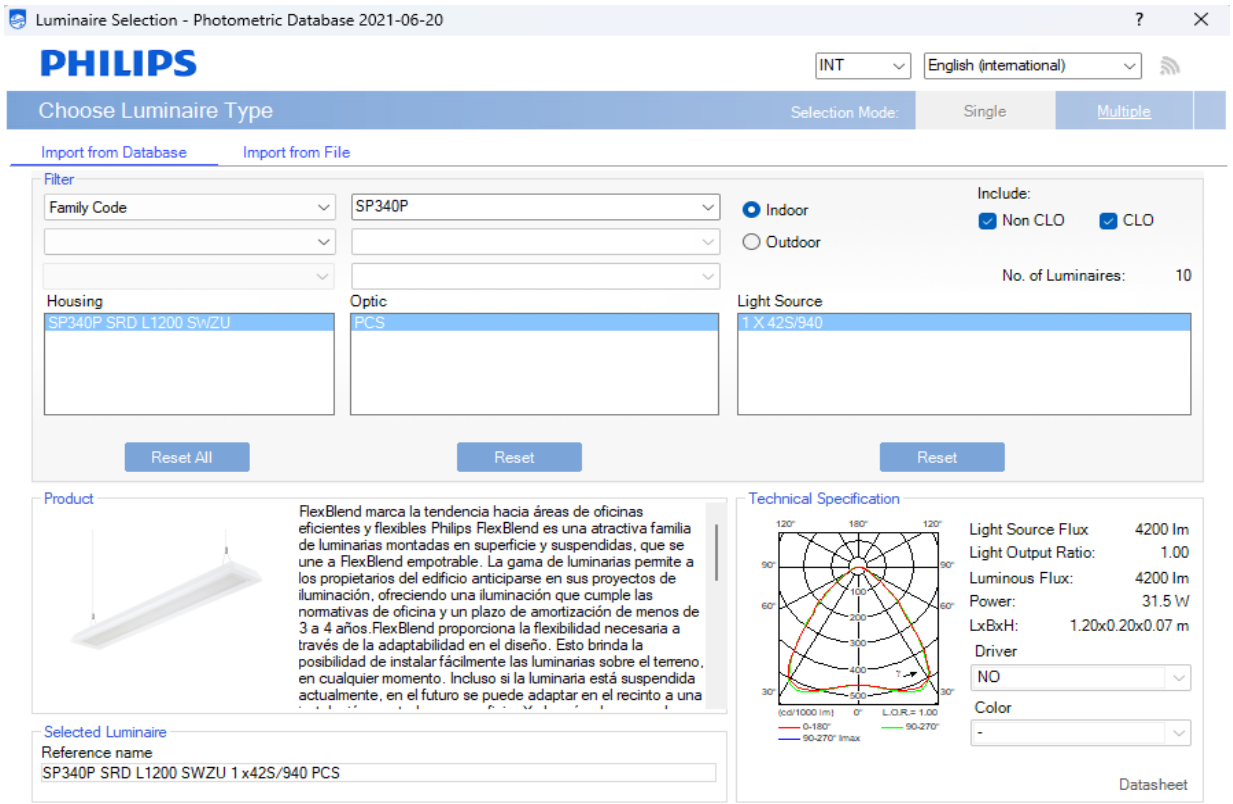
La selección de luminarias para un entorno industrial no debe basarse únicamente en criterios económicos, sino en un análisis integral que contemple aspectos técnicos, normativos y operativos. Entre los factores determinantes se encuentran la eficiencia energética, la resistencia mecánica frente a condiciones propias del ambiente industrial (polvo, vibraciones y variaciones térmicas), el cumplimiento de la normativa eléctrica y de iluminación vigente, así como la capacidad de proporcionar niveles adecuados de iluminancia y una distribución lumínica uniforme sobre el plano de trabajo. Adicionalmente, debe considerarse la facilidad de mantenimiento y la vida útil del equipo, a fin de garantizar continuidad operativa y reducción de costos a largo plazo.

En el mercado existen diversos fabricantes que ofrecen soluciones acordes a estos requerimientos técnicos. Para el presente estudio, se ha seleccionado una alternativa del catálogo de la empresa Philips, debido a que sus especificaciones cumplen con los parámetros

establecidos para el área de producción analizada. La luminaria escogida se detalla en la **Figura *29*.** donde se presentan sus principales características técnicas y constructivas.

Figura 29.

Especificaciones técnicas de luminaria



Nota: información tomada de (Philips, 2025)

Aplicación del Software DIALux Evo.

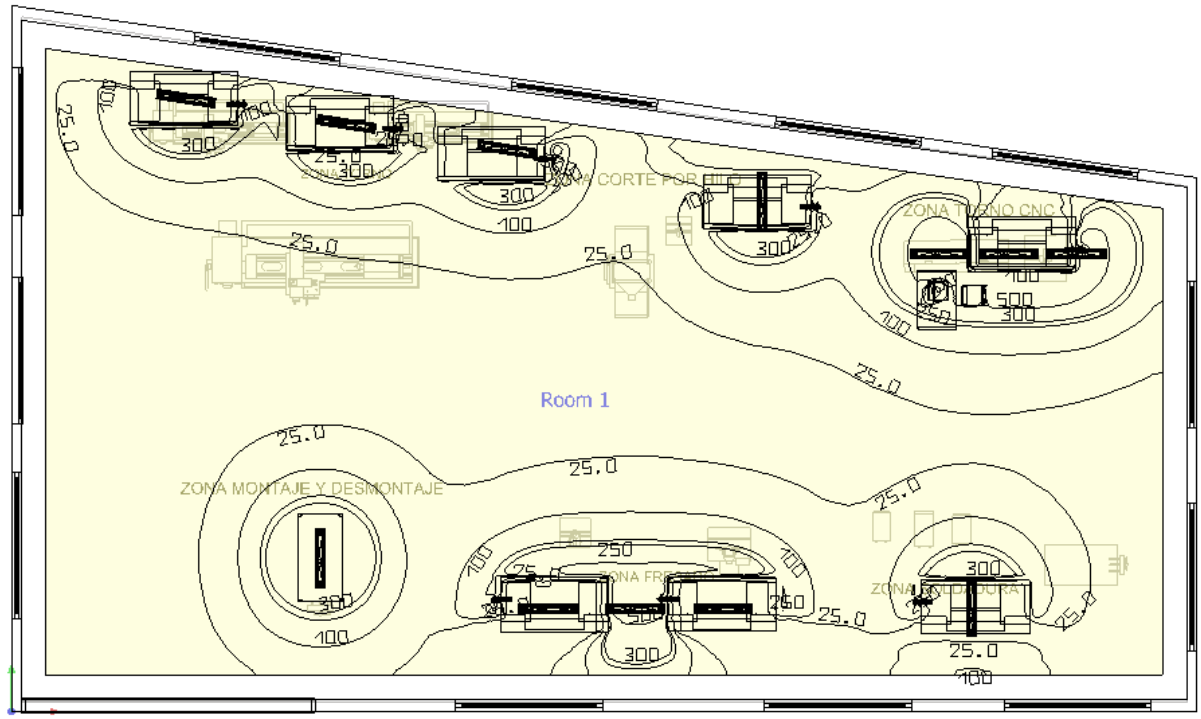
Para obtener el número total de luminarias, debido a que el método propuesto es **Alumbrado localizado**, se procede a realizar una simulación en el software DIAlux. Esta simulación permitirá determinar el número correcto de lúmenes con los que debe contar cada zona de trabajo y estará basado en la Norma Europea 12464.1, la cual indica los parámetros correctos para trabajos en interiores.

Los datos ingresados al Software DIAlux nos dará razón de la cantidad requerida de luminarias, según las características técnicas indicadas en la **Figura *30*.** Además indica las posibles ubicaciones que deberían tener dentro de la planta de producción.

Todas las luminarias deberían estar ubicadas a una altura de 2.8m desde el piso para que sea efectiva la cantidad de luxes sobre las áreas de trabajo, que en este caso debido a que se trata de tareas de mecanizado, es de 300lx y en el área de Torno CNC, las actividades son de precisión, por lo que se necesita de 500lx.

Figura 30.

Ubicación de las luminarias.

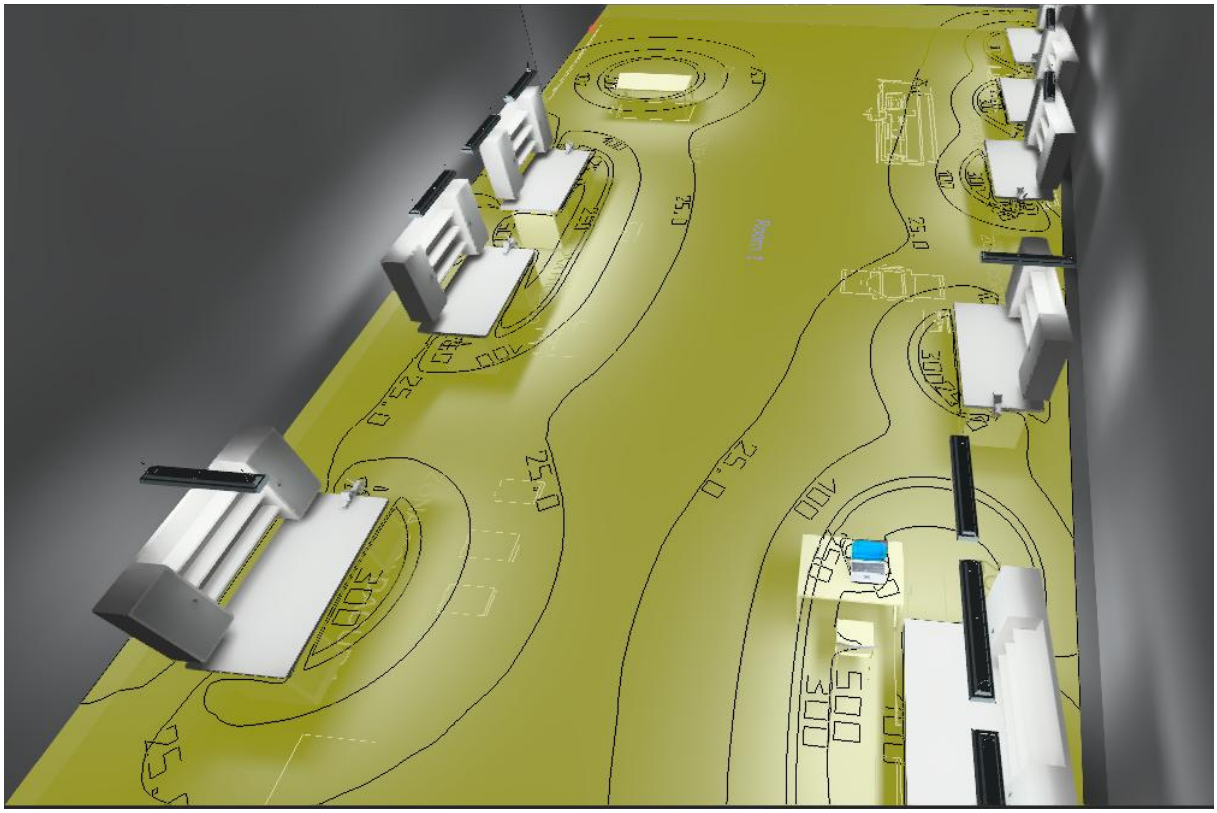


Nota: ubicación de las luminarias en la planta de producción, realizado en Software DIAlux.

En este caso se logra el objetivo de tener una iluminación de 300lx para toda la planta, y de manera localizado en la zona de Torno CNC una iluminancia de 500lx, garantizando la visibilidad en las zonas de trabajo, ya sea en días de poca luz natural o cuando se trabaja en las noches, en la **Figura *31*.** Se puede ver como las luminarias ubicadas estratégicamente iluminan correctamente todas las zonas de trabajo.

Figura 31.

Luminaria Philips.



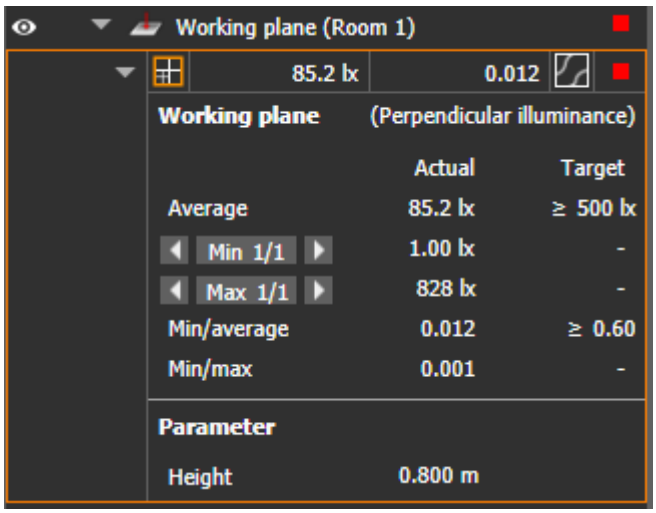
Nota: disposición de las luminarias en 3D, Software DIAlux.

Los circuitos deben estar separados y organizados del resto, como son: tomacorrientes y cargas especiales para evitar que disparos por encendido de herramientas o motores apaguen la iluminación, gracias a criterios de seguridad y continuidad operacional. No se debe mezclar zonas de forma que un mismo circuito alimente áreas muy distintas, lo que facilita la detección de fallas y maniobras.

Los requerimientos de iluminancia para la mayoría de las zonas de trabajo son de 300lx, excepto para la zona de torneado CNC, el cual es de 500lx, ubicando las lámparas encima de las máquinas de cada zona se obtiene el abastecimiento correcto. El área de resultados del software muestra las medidas máximas y mínimas obtenidas en el modelado, las cuales están dentro de lo requerido según norma para cada zona de trabajo.

Figura 32.

Resultados obtenidos



Nota: resultados obtenidos mediante la aplicación del Software DIALux evo.

Límites de carga y puntos por circuito de iluminación. Los circuitos de iluminación deben diseñarse para carga máxima de 15 A y no exceder 15 punto de iluminación por circuito.

Una vez determinada la cantidad de luminarias, se tiene la siguiente información sobre el número de circuitos y el reparto de las luminarias debería ser el siguiente:

- Circuito L1: tres luminarias (31.5 * 3) = 94.5W
- Circuito L2: tres luminarias (31.5 * 3) = 94.5W
- Circuito L3: tres luminarias (31.5 * 3) = 94.5W
- Circuito L4: tres luminarias (31.5 *3) = 94.5W

Dando un total de 12 luminarias, distribuidas en cada zona de trabajo, de manera que provea de suficiente luz, para la realización de las tareas asignadas. El consumo energético de las mismas seria de 378W.

Conductores para el circuito de iluminación.

Según la normativa en Ecuador (NEC SB Instalaciones eléctricas), en instalaciones interiores establece para circuitos de iluminación lo siguiente:

- Tipo de conductores y aislamiento: debe emplearse conductor de cobre asilado tipo THHN.
- Sección mínima: la sección mínima prescrita es de 2.5mm² (14AWG) para fase, neutro y conductor de tierra (PE) en este circuito de iluminación.
- Equivalencia de calibres fase-neutro: el neutro debe ser el mismo calibre que las fases, es decir, que debe tener el mismo dimensionamiento.

La misma norma indica el criterio general de verificación por capacidad de corriente, señalando que el conductor debe soportar la menos 125% de la corriente asociada a la protección del circuito y presenta una tabla de correspondencia calibre-protección, como se muestra en la **Tabla 20.**

Tabla 20.

Correspondencia entre Calibre y Protección.

Calibre del conductor (AWG)	14	12	10	8	6
Capacidad máxima del interruptor (A)	15/16	20	30/32	40	50

Nota: elaborada por el autor, información tomada de (NEC, 2018)

En la práctica, quiere decir que el calibre mínimo no es un valor aislado, sino un umbral que debe compatibilizarse con:

- Protección por sobre corriente.
- Régimen de operación (carga continua).
- Condiciones de instalación (agrupamiento, temperatura ambiente).

- Requisitos de seguridad (choque eléctrico e incendios).

Protección del circuito (interruptores)

La protección contra sobre corrientes mediante interruptores magnéticos adecuados al circuito, normalizados y con cumplimiento del marco ecuatoriano aplicable se encuentra en la norma RTE INEN 091, el cual establece requisitos de seguridad para aparatos de conmutación de bajo voltaje (incluyendo interruptores automáticos o breakers) y en su texto técnico hace referencia a la norma IEC 60898-1 como uno de los estándares de prueba o cumplimiento técnico para estos dispositivos, y con las siguientes condiciones de instalación:

- Su dimensionamiento está relacionado con la capacidad de los circuitos a proteger.
- Se deben alojar en tableros de distribución tipo centro de carga.
- Deben soportar la influencia de agentes externos a los que estén sometidos con al menos un grado de protección de IP20.
- El Breaker por circuito de alumbrado debe ser de 15A.
- Canalización: PVC industrial, según norma IEC 60364-5-52, son ligeras, resistentes a la corrosión, fácil de montar y bajo costo.
- Tierra: a todas las luminarias metálicas y canalizaciones.

Corriente por circuito y corriente total.

Potencia por circuito.

Ecuación (9)

$$\boldsymbol{Pccot = 2 * 31.5 = 63W} \qquad (9)$$

Corriente estimada con (Pf=0.9)

Ecuación (10)

$$I = \frac{P}{V * Pf} \quad (10)$$

Por circuito (63w)

- **A 127V:** $I = \frac{63}{127*0.9}$= 0.55A
- **A 120V:** $I = \frac{63}{120*0.9} = 0.58A$

Total (189W)

- **A 127V:** $I = \frac{189}{127*0.9} = 1.65A$
- **A 120V:** $I = \frac{189}{120*0.9} = 1.75A$

Se realiza la verificación por carga continua por circuito, de la siguiente manera:

- A 127V= 0.55 * 1.25 = 0.69 A
- A 120V= 0.58 * 1.25= 0.725 A

A manera de resumen, se puede ver en la **Tabla 21,** todos los requerimientos para realizar el diseño del sistema de iluminación del área de producción de la empresa INSEIN Ecuador.

Tabla 21.

Resumen de Requerimientos para Sistema de Iluminación.

Circuito	# Luminarias	Potencia (W)	I a 127V Pf 0.9 (A)	Breaker	Conductores
L1	3	94.50	0.55	1P 15 A	Cu THHN 2.mm²

Circuito	# Luminarias	Potencia (W)	I a 127V Pf 0.9 (A)	Breaker	Conductores
L2	3	94.50	0.55	1P 15 A	Cu THHN 2.mm²
L3	3	94.50	0.55	1P 15 A	Cu THHN 2.mm²
L4	3	94.50	0.55	IP 15 A	Cu THHN 2.mm²
Total	6	378.00	2.20		

Nota: elaborado por el autor.

Rediseño de red eléctrica.

Consideraciones para el rediseño de la red de fuerza.

Una vez que se tiene la distribución de las máquinas en el nuevo terreno donde se ubicará la planta de producción, se procede a realizar la propuesta de la red de fuerza para alimentar todos los equipos de la planta, en este capítulo se verán los criterios generales del diseño de la red de fuerza y los datos de la carga instalada. El diseño de esta nueva red eléctrica busca dar solución a los problemas presentados en el área, los cuales generalmente son de caídas de tensión cuando dos o más máquinas prenden simultáneamente, disparos del interruptor del alimentador principal, cortocircuitos en tomacorrientes, etc.

Para el diseño de esta nueva red de fuerza, se tomará en cuenta las recomendaciones de la Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC), de esta manera se diseñará todos los circuitos que sean necesarios, considerando sus salidas, carga máxima permitida y en caso de cargas especiales, su respectivo circuito. Para el caso de los tomacorrientes, se establece la

obligatoriedad de disponer como mínimo tres circuitos independientes, conforme a lo indicado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Asimismo, se define que cada circuito no debe sobrepasar un máximo de diez puntos de conexión, y que estos deben ser del tipo polarizado, incorporando conductor de fase, neutro y puesta a tierra, con una potencia referencial de 200 W por cada salida. Adicionalmente, se determina que los equipos clasificados como cargas especiales deben contar con circuitos exclusivos, dimensionados específicamente para soportar la potencia nominal individual de cada equipo. Finalmente, se indica que la instalación de los tomacorrientes debe realizarse a una altura aproximada de 0,40m con respecto al nivel del piso terminado.

Debido a que todas las máquinas eléctricas del área de producción igualan o superan los 1500W, todas y cada una se considera como "carga especial", por ende, debe tener su circuito por separado.

En el tablero principal se debe definir los diferentes circuitos de las máquinas que operan en el área de producción, para lo cual se procede a realizar un listado de todos los circuitos. Como se puede ver en las **Tabla 22.**

Tabla 22.

Circuito Trifásico.

CIRCUITOS TRIFÁSICOS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN					
NO. Circuito	**Nro. Salidas**	**Equipos**	**Cantidad**	**Potencia Nominal (W)**	**Amperaje Nominal (Amp)**
1	1	Torno mecánico paralelo	1	3500	13
			total	3500	13
2	2	Torno CNC	1	11000	35

		Succionador de viruta	1	5000	26
			total	16000	61
3	1	Torno mecánico paralelo	1	7500	14
			total	7500	14
4	1	Corte por electro hilo	1	1500	10
			total	1500	10
5	1	Torno mecánico paralelo	1	2000	11
			total	2000	11
6	1	Fresadora Universal	1	2200	5
	1	Fresadora Universal	1	4000	10
			total	6200	15
7	2	Soldadora MIG MAG	2	2500	36,6
			total	2500	36,6
			TOTAL	39200	160,6

Nota: elaborada por el autor.

Cálculo de la corriente del conductor desde el transformador hasta el tablero de distribución.

Lo primero que se debe realizar es el cálculo del calibre del conductor, para que de esta manera no exista riesgo de falla térmica, o que las capacidades de los conductores no sea la adecuada lo que podría causar paros de maquinaria. Los primeros cálculos serían los del conductor que provee energía eléctrica desde el transformador hace el distribuidor principal, el cual, a su vez, alimenta a las máquinas.

Los cálculos se los puede realizar gracias a la ecuación (1) tomada del libro "Problemas resueltos y propuestos de Electrotecnia Básica" del autor (Martínez, 1985)

Ecuación (11)

$$\boldsymbol{Ia = \frac{1.25 * Imm + \sum Inom * F.D}{FT * FC}} \qquad \textbf{(11)}$$

Donde.

I*mm*: es la corriente de la carga de mayor capacidad

I*nom*: es la sumatoria de todas las corrientes (Amp)

FD: factor de demanda

FT: factor de temperatura

FC: número de conductores

Los valores para el factor de temperatura se los encuentra en la **Tabla 23,** que se muestra a continuación.

Tabla 23.

Factor de Temperatura.

TEMPERATURA EN °C	FT
0 – 30	1
31 – 40	0.82

41 – 45	0.71
46 – 50	0.58
51 – 55	0.41

Nota: elaborada por el autor, información tomada de (Martínez, 1985)

El factor para el número de conductores se los puede encontrar en la **Tabla 24** que se muestra a continuación.

Tabla 24.

Factor Número de Conductores.

CANTIDAD DE CONDUCTORES EN UNA MISMA TUBERÍA	FC
1 – 3	1.00
4 – 6	0.80
7 – 24	0.70
25 – 42	0.60
43 o más	0.50

Nota: elaborada por el autor, información tomada de (Martínez, 1985)

Para aplicar la ecuación (1), es necesario tener el dato del mayor amperaje de consumo de las máquinas, que se puede encontrar en la **Tabla 19,** y la sumatoria de todas las cargas de corriente consumido por todas los aparatos eléctricos y máquinas, información que se puede encontrar en las tablas 17 y 18.

Entonces los datos para el cálculo de la ecuación (1) son los siguientes:

Imm= 36.6Amp

∑Inom= 160.6 Amp

FD= 1

FT= 1

FC= 0.8

Con todos los valores encontrados para poder aplicar la ecuación (1) se procede a realizar el debido cálculo, de la siguiente manera:

$$Ia = \frac{1.25 * 36.60 + 160.60 * 1}{1 * 0.8}$$

Ia= 257.94 Amp

Este valor nos indica la capacidad que debe tener el conductor eléctrico para suplir de energía desde el transformador hacia el tablero de distribución de la planta de producción, se debe buscar localmente el conductor que sea adecuado para soportar tal carga, en la **Figura *33*.** Se puede ver cuál de las opciones que se presenta es la más adecuada para el abastecimiento.

Figura 33.

Capacidad de conductores eléctricos.

TABLA DE AMPACIDAD PARA CABLE DE COBRE Y ALUMINIO (AWG/ MCM)						
AMPACIDAD DE THW, THHN-THWN,XHHW A UNA TEMPERATURA DE 75 C.			NÚMERO MÁXIMO DE 3 ALAMBRES EN UNA TUBERÍA METÁLICA DIÁMETRO DE LA TUBERÍA METÁLICA		CAÍDA DE VOLTAJE POR CADA 100 PIES DE CABLE DE COBRE A UN 80% P.F	
CALIBRE DEL CABLE (AWG/MCM)	COBRE	ALUMINIO	THW (PULGADAS)	THHN-THWN,XHHW (PULGADAS)	CIRCUITO MONOFÁSICO (VOLTS/AMP)	CIRCUITO TRIFÁSICO (VOLTS/AMP)
14 AWG	20 A	-	1/2	1/2	0.4762	0.4167
12 AWG	25 A	20 A	1/2	1/2	0.3125	0.2632
10 AWG	35 A	30 A	1/2	1/2	0.1961	0.1677
8 AWG	50 A	40 A	3/4	1/2	0.1250	0.1087
6 AWG	65 A	50 A	1	3/4	0.0833	0.0714
4 AWG	85 A	65 A	1	1	0.0538	0.0463
2 AWG	115 A	90 A	1 1/4	1	0.0370	0.0323
1/0 AWG	150 A	120 A	1 1/2	1 1/4	0.0269	0.0231
2/0 AWG	175 A	135 A	1 1/2	1 1/2	0.0222	0.0196
3/0 AWG	200 A	155 A	2	1 1/2	0.0190	0.0163
4/0 AWG	230 A	180 A	2	2	0.0161	0.0139
250 MCM	255 A	205 A	2 1/2	2	0.0147	0.0128
300 MCM	285 A	230 A	2 1/2	2	0.0131	0.0114

Nota: información tomada de (ILUMEYCO, 2024)

Para este caso se selecciona el conductor de cobre 300 MCM, el cual según la NEC debe tener una Aislamiento tipo THHN (*Thermoplastic High Heat-resistant Nylon-coated)* Soporta 285A, requiere tubería metálica de 2” de diámetro para ser transportado.

Cálculo de corriente y potencia para cada uno de los circuitos de fuerza.

Para la correcta alimentación de las máquinas y equipos del área de producción, se debe realizar los cálculos de los conductores eléctricos, este paso es importante porque nos permite calcular también la protección térmica que requiere cada circuito.

Para el cálculo de la corriente que circula por el conductor eléctrico y su posterior elección de sección, se emplea la ecuación (1), tomado del libro (Martínez, 1985), la cual se muestra a continuación:

Ecuación (12)

$$\mathbf{Ia} = \frac{\mathbf{\sum P}}{\mathbf{V} * \mathbf{cos\emptyset}} \qquad \mathbf{(12)}$$

Donde:

Ia, es la capacidad de corriente del conductor

∑P, es la potencia del circuito, en caso de que haya más de uno, se realiza la sumatoria

V, es el voltaje del circuito

Cos Ø, ángulo de factor de potencia, se considera de 0.85, máximo factor de potencia de una carga inducida trabajando en plena capacidad

Como dispositivo de control y protección, el sistema debe tener un Breaker que permita interrumpir el flujo de corriente eléctrica cuando se detecta una condición anormal que podría afectar al sistema o poner en riesgo la seguridad. Para ello se realiza el cálculo con la ecuación (2) que se ve a continuación.

Ecuación (13)

$$\mathbf{1}\ \boldsymbol{Breaker} = \mathbf{1.25} * \boldsymbol{Ia} \qquad \textbf{(13)}$$

Donde.

1.25, es el coeficiente de seguridad

Ia, es la corriente del conductor (Amp)

1 Breaker, es la corriente nominal del Breaker

Una vez que ya se tiene la capacidad del breaker, se procede a revisar en catálogos de proveedores, cual es la mejor opción para instalar en nuestro proyecto. En la **Figura *34*.** Se puede apreciar las características de los disyuntores. Cuando la capacidad del breaker no se encuentra en la tabla, se escoge la siguiente superior.

Figura 34.

Características de interruptores magnéticos.

gedisa
GENERAL DISTRIBUIDORA S.A

LISTA DE PRODUCTOS

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS

NUMERO DE CATALOGO	MODELO	N° Polos	Capacidad Amp	Capacidad de cortocircuito en kArms 120 VAC	240 VAC	480 VAC	600 VAC	PRECIOS
IN27I1015	TQC1215WL	1	15	10	10	-	-	
IN27I1020	TQC1220WL	1	20	10	10	-	-	
IN27I1030	TQC1230WL	1	30	10	10	-	-	
IN27I1040	TQC1240WL	1	40	10	10	-	-	
IN27I1050	TQC1250WL	1	50	10	10	-	-	
IN27I1060	TQC1260WL	1	60	10	10	-	-	
IN27I1070	TQC1270WL	1	70	10	10	-	-	
IN27I2015	TQC2415WL	2	15	10	-	-	-	
IN27I2020	TQC2420WL	2	20	10	-	-	-	
IN27I2030	TQC2430WL	2	30	10	-	-	-	
IN27I2040	TQC2440WL	2	40	10	-	-	-	
IN27I2050	TQC2450WL	2	50	10	-	-	-	
IN27I2060	TQC2460WL	2	60	10	-	-	-	
IN27I2070	TQC2470WL	2	70	10	-	-	-	
IN27I2090	TQC2490WL	2	90	10	-	-	-	
IN27I2100	TQC24100WL	2	100	10	-	-	-	
IN27I3015	TQC34015WL	3	15	-	10	-	-	
IN27I3020	TQC34020WL	3	20	-	10	-	-	
IN27I3030	TQC34030WL	3	30	-	10	-	-	
IN27I3040	TQC34040WL	3	40	-	10	-	-	
IN27I3050	TQC34050WL	3	50	-	10	-	-	
IN27I3060	TQC34060WL	3	60	-	10	-	-	
IN27I3070	TQC34070WL	3	70	-	10	-	-	
IN27I3090	TQC34090WL	3	90	-	10	-	-	
IN27I3100	TQC34100WL	3	100	-	10	-	-	

RESIDENCIAL TQC

NUMERO DE CATALOGO	MODELO	N° Polos	Capacidad Amp	Capacidad de cortocircuito en kArms 120 VAC	240 VAC	480 VAC	600 VAC	PRECIOS
ING052125	TQD22125WL	2	125	10	10	-	-	
ING052150	TQD22150WL	2	150	10	10	-	-	
ING052175	TQD22175WL	2	175	10	10	-	-	
ING052200	TQD22200WL	2	200	10	10	-	-	
ING052225	TQD22225WL	2	225	10	10	-	-	
ING053125	TQD32125WL	3	125	-	10	-	-	
ING053150	TQD32150WL	3	150	-	10	-	-	
ING053175	TQD32175WL	3	175	-	10	-	-	
ING053200	TQD32200WL	3	200	-	10	-	-	
ING053225	TQD32225WL	3	225	-	10	-	-	

INDUSTRIAL TQD

NUMERO DE CATALOGO	MODELO	N° Polos	Capacidad Amp	Capacidad de cortocircuito en kArms 120 VAC	240 VAC	480 VAC	600 VAC	PRECIOS
INE06A3250	TJD432250WL	3	250	-	22	-	-	
INE06A3300	TJD432300WL	3	300	-	22	-	-	
INE06A3350	TJD432350WL	3	350	-	22	-	-	
INE06A3400	TJD432400WL	3	400	-	22	-	-	
INE07A3125	TFK236125	3	125	-	25	22	-	
INE07A3150	TFK236150	3	150	-	25	22	-	
INE07A3175	TFK236175	3	175	-	25	22	-	
INE07A3200	TFK236200	3	200	-	25	22	-	
INE07A3225	TFK236225	3	225	-	25	22	-	
INE08A3250	TJK436250	3	250	-	42	30	-	
INE08A3300	TJK436300	3	300	-	42	30	-	
INE08A3350	TJK436350	3	350	-	42	30	-	
INE08A3400	TJK436400	3	400	-	42	30	-	
INE08A3500	TJK636500	3	500	-	42	30	-	
INE08A3600	TJK636600	3	600	-	42	30	-	
INE09A3700	TKMA836700	3	700	-	42	30	-	
INE09A3800	TKMA836800	3	800	-	42	30	-	
INE09A1000	TKMA31000WL	3	1000	-	42	30	-	
INE09A1200	TKMA31200WL	3	1200	-	42	30	-	

INDUSTRIAL TJK

Nota: información tomada de (GEDISA, 2022)

El cálculo para la selección de los componentes eléctricos se lo debe realiza por separado de cada uno de los circuitos de fuerza, tomando en cuenta la información anteriormente detallada, por lo que se realizara en la **Tabla 25,** que se muestra a continuación:

Tabla 25.

Componentes Eléctricos para Circuito de Fuerza.

Circuito	Corrientes (A) Ia= ∑P/V*cosØ	Conductor Calibre (AWG)	Breaker (A) Ia * 1.25	Código o modelo
1	18.72	14	23.40	TQC1230WL
2	85.56	4	106.90	TQD22125WL
3	40.10	8	50.10	TQC1250WL
4	8.02	14	10.02	TQC1215WL
5	10.70	14	13.37	TQC1215WL
6	33.10	10	41.37	TQC1250WL
7	13.40	14	16.70	TQC1215WL

Nota: elaborado por el autor.

Canalización para conductores del circuito de fuerza.

Para circuitos de fuerza, la normativa ecuatoriana de construcción establece que los conductores eléctricos deben instalarse en canalizaciones que garanticen protección mecánica, seguridad eléctrica y facilidad de movimiento. Entre los sistemas permitidos se encuentran la tubería metálica rígida, tubería EMT (galvanizado), tubería de PVC rígida tipo pesado, bandejas porta cables y canaletas metálicas industriales.

Según el calibre del conductor y su protección (THHN), se procede a establecer el tipo de canalización en la **Tabla 26** que se puede ver a continuación:

Tabla 26.

Canalización para Circuito de Fuerza.

Circuito	Calibre (AWG) del conductor en cobre	Aislamiento	Canalización EMT Diámetro de tubo (plg)
1	14	THHN	1/2
2	4	THHN	1
3	8	THHN	1/2
4	14	THHN	1/2
5	14	THHN	1/2
6	10	THNN	1/2
7	14	THHN	1/2

Nota: elaborado por el autor.

Se selecciona tubería metálica EMT para canales de conductores de fuerza debido a su menor costo relativo, cumplimiento normativo para protección mecánica de cables, facilidad de instalación y adecuado desempeño en instalaciones industriales interiores, comprado con otras opciones como en PVC.

Consideraciones para el circuito monofásico.

Para el diseño del circuito monofásico de la planta de producción se tomará en cuenta las consideraciones de la normativa ecuatoriana de la construcción,

Para lo cual se procede a realizar una separación de los circuitos monofásicos como se puede ver la **Tabla 27** a continuación.

Tabla 27.

Circuitos Monofásicos de la Planta de Producción.

CIRCUITOS MONOFÁSICOS DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN

Nro. Circuito	Nro. Salidas	Equipos	Cantidad	Potencia Nominal (W)	Amperaje Nominal (Amp)
1	2	CPU	1	380	3,5
		Monitor LG	1	15	2,3
			Total	**395**	**5,8**
2	2	Compresor de aire	1	3670	21
			Total	**3670**	**21**
3	6	Amoladora	6	4800	60
			Total	**4800**	**60**
4	2	Esmeril de banco	1	2200	14
			Total	**2200**	**14**
5	2	Taladro eléctrico de mano	2	1400	14
			Total	**1400**	**14**
6	2	Tronzadora eléctrica	2	4400	30
			Total	**4400**	**30**
7	2	Sierra circular	1	1500	12
			Total	**1500**	**12**
			Total	**18365**	**156,8**

Nota: elaborado por el autor.

La normativa indica que los circuitos con cargas menores a 1500W por punto, deben llevar un conductor eléctrico de sección de área de 2.5mm² y que su capacidad debe ser de 15Amp, con una protección térmica de la misma capacidad del conductor, es decir, 15Amp.

Dimensionamiento del transformador.

Para el dimensionamiento del transformador eléctrico, se debe tomar en cuenta las potencias reactivas y potencias activas que interviene en el correcto funcionamiento de los equipos de la planta de producción. Para este cálculo se usará al formula (9), tomada del libro de (Martínez, 1985), que se ve a continuación.

Ecuación (14)

$$\boldsymbol{S_{3\varphi} = \sqrt{(\sum P_1 y 3\varphi)^2 + (\Sigma Q_1 y 3\varphi)^2}} \qquad \textbf{(14)}$$

Donde.

$\sum P_1 y 3\varphi$, es la sumatoria de la potencia activa de la corriente monofásica y trifásica

$\Sigma Q_1 y 3\varphi$, es la sumatoria de la potencia reactiva de la corriente monofásica y trifásica.

Después de calcular los circuitos de fuerza y alumbrado de la planta de producción de la empresa INSEIN Ecuador, lo siguiente es dimensionar el transformador que proveerá la energía eléctrica a la planta. Para ello se utiliza la formula (10) para corrientes monofásicas como se puede ver a continuación:

Ecuación (15)

$$\boldsymbol{Q_1\varphi = V \times l\ x\ sin\ \varphi} \qquad \textbf{(15)}$$

Donde.

V, es el voltaje nominal

I, es la corriente nominal

Φ, es el ángulo de factor de potencia

Y la formula (11) para corrientes trifásicas.

Ecuación (16)

$$\boldsymbol{Q_2\varphi = \sqrt{3}\ x\ V \times l\ x\ sin\ \varphi} \qquad \textbf{(16)}$$

Donde.

V, es el voltaje nominal

I, es la corriente nominal

Φ, es el ángulo de factor de potencia

Cálculo de potencia reactiva para circuitos de potencia y alumbrado.

La potencia reactiva es la energía que el sistema eléctrico necesita para que los equipos funcionen pero que no se convierte en trabajo útil. Una parte de la energía si hace trabajo, mueve el eje de un motor, por ejemplo, esta es la energía activa, pero otra parte de la energía solo sirve para generar el campo eléctrico, eso es potencia reactiva.

Para realizar este cálculo, se toma en cuenta un factor de potencia, que el libro de (Martínez, 1985) lo establece en un valor de 0.85 para circuitos de fuerza y 0.9 para circuitos de alumbrado, lo que después del cálculo da un valor de 31.78° y 25.84° respectivamente.

En la **Tabla 28** se puede ver los cálculos resueltos de las potencias de cada uno de los circuitos de fuerza y de alumbrado.

Tabla 28.

Potencia Reactiva de Circuitos de Fuerza.

Circuito de fuerza	**Voltaje (V)**	**Amperaje (A)**	$Q_2\varphi = \sqrt{3}\, x\, V \times l\, x\, sin\, \varphi$	**Potencia reactiva (VAR)**
1	220	13	√3*220*13*sin25.84	2159.10
2	220	61	√3*220*61*sin25.84	10131.17
3	220	14	√3*220*14*sin25.84	2325.19
4	220	10	√3*220*10*sin25.84	1660.85
5	220	11	√3*220*11*sin25.84	1826.93

6	220	15	√3*220*15*sin25.84	2491.27
7	220	36.6	√3*220*36.6*sin25.84	6078.70
TOTAL				26673.21

Nota: elaborado por el autor.

De la misma manera se procede a realizar los cálculos de la potencia reactiva con los circuitos monofásicos y de alumbrado, usando la **Ecuación (*11*)**, como se puede ver en la **Tabla 29** a continuación.

Tabla 29.

Potencia Reactiva de Circuitos Monofásicos y de Alumbrado.

Circuito monofásico y alumbrado	**Voltaje (V)**	**Amperaje (Amp)**	**Fórmula** $Q_1\varphi = V \times l\ x\ sin\ \varphi$	**Potencia reactiva (VAR)**
1	110	5.8	110*5.8*sin31.78	336.01
2	110	21	110*21*sin31.78	1216.58
3	110	10	110*10*sin31.78	579.32
4	110	14	110*14*sin31.78	811.05
5	110	14	110*14*sin31.78	811.05
6	110	15	110*15*sin31.78	868.99
7	110	12	110*12*sin31.78	695.19
Alumbrado 1	110	0.55	110*0.55*sin31.78	31.86
Alumbrado 2	110	0.55	110*0.55*sin31.78	31.86
Alumbrado 3	110	0.55	110*0.55*sin31.78	31.86
Alumbrado 4	110	0.55	110*0.55*sin31.78	31.86
TOTAL				5413.77

Nota: elaborado por el autor.

Dimensionamiento de Transformador Eléctrico.

Para el dimensionamiento del transformador eléctrico del área de producción de la empresa INSEIN Ecuador, se aplica la **Ecuación (*9*)**, con los datos que se encuentran en las tablas 19, 23, 24 y 25, teniendo el siguiente cálculo.

Ecuación (17)

$$\boldsymbol{S_{3\varphi} = \sqrt{(\sum P_1 y 3\varphi)^2 + (\Sigma Q_1 y 3\varphi)^2}} \qquad \textbf{(17)}$$

$$S_{3\varphi} = \sqrt{(39200 + 1836 + 378)^2 + (26673.21 + 5413.77)^2}$$

$$S_{3\varphi} = 52389.82 \text{ VA}$$

Como medida de protección para el transformador eléctrico, se debe añadir un 20% de capacidad a su medida nominal, esto para que trabaje de manera óptima. Entonces el valor neto de capacidad seria como se ve a continuación:

$S_{3\varphi} = 52389.82$ VA * 1.2

$S_{3\varphi} = 62867.79$VA

Con el valor de la capacidad correcta calculada para el transformador eléctrico trifásico, se debe tomar el que corresponda en el catálogo del proveedor, para este caso, como se presenta en la **Figura 35,** a continuación.

Figura 35.

Tabla de trasformadores eléctricos.

POTENCIA	Dimensiones			Peso
kVA	ALTURA (mm)	FRENTE (mm)	PROFUNDIDAD (mm)	W (Kg)
15	759	439	800	230
30	809	449	820	290
50	849	469	840	345
75	939	549	860	435
100	979	569	860	520
112,5	1029	619	880	550
125	1049	629	910	580
150	1129	699	955	650
200	1169	709	1055	760
250	1189	739	1085	880
300	1269	769	1125	1020
350	1349	849	1155	1120
400	1389	889	1255	1280
500	1499	939	1295	1480
600	1599	1119	1295	1880
750	1619	1129	1345	2080
1000	1659	1149	1485	2630

Nota: información tomada de (PORTOTRANS, 2024)

El transformador que se debe escoger es el de 75kVA, ya que por lo calculado anteriormente (62690.08 VA), hay una opción de 50kVA, pero el mismo no satisface el requerimiento de la planta de producción.

Resultados de la propuesta de rediseño.

Los resultados obtenidos a partir de la propuesta de la aplicación del rediseño de la planta de producción y del sistema eléctrico de la empresa INSEIN Ecuador, evidenciando las mejoras alcanzadas en términos de distribución de espacios, condiciones operativas, cumplimiento normativo y eficiencia del sistema operativo, son los siguientes:

Resultados de la propuesta de rediseño de planta.

La aplicación del método de Guerchet permitió determinar las superficies requeridas para cada equipo, considerando áreas estáticas, de gravitación y de evolución. Como resultado, se estableció una distribución óptima de los equipos dentro del área disponible de **296.2 m²**, cumpliendo con los requerimientos de espaciamiento y accesibilidad.

La nueva distribución de los equipos y máquinas garantiza:

- Eliminación de interferencias entre equipos.

- Espacios adecuados de operación y mantenimiento.
- Mejor organización de las áreas de trabajo.
- Reducción de desplazamientos innecesarios.

Comparación entre áreas (antes y después).

En la situación actual, la planta dispone de un área de **103.6 m²**, mientras que el requerimiento calculado mediante el método de Guerchet es de aproximadamente **153 m²**, evidenciando una deficiencia del 32% en espacio disponible.

Con la propuesta se dispone de 296.2 m² lo que permite cumplir con el 100% de requerimiento de espacio para que existan áreas de circulación y de seguridad, permite también futuras ampliaciones.

Resultados del sistema de iluminación.

El rediseño del sistema de alumbrado, desarrollado mediante el software DIAlux, permitió garantizar los niveles de iluminancia requeridos según la normativa INEN 2969-1.

Antes:

- Cumplimiento de 36.36%, que se encuentra en un nivel deficiente.
- 7 de 11 puestos de trabajo no cumplen con la normativa de iluminación

Después:

- Cumplimiento de normativa al 100%.
- 300 Lx para trabajos generales y 500Lx para trabajos de precisión.

Resultados del sistema eléctrico.

El rediseño de la red eléctrica se desarrolló conforme a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), logrando corregir las deficiencias identificadas en la auditoría inicial.

Mejoras implementadas:

- Separación de circuitos de fuerza y alumbrado.
- Dimensionamiento adecuado de conductores.
- Incorporación de protecciones termo magnéticas.
- Implementación de sistema de puesta a tierra.
- Dimensionamiento correcto del transformados eléctrico, incluido el porcentaje de reserva.

Mejora en la eficiencia operativa.

La propuesta de rediseño genera una mejora significativa en la eficiencia operativa del sistema productivo, debido a la optimización de la distribución de planta y la reducción de tiempos improductivos.

Reducción de recorridos:

- Antes, uno de los procesos toma 39m de recorridos.
- Después, un estimado de 25m.
- Obteniendo una mejora en reducción de recorridos de 35%.

Los resultados obtenidos evidencian que la propuesta de rediseño permite mejorar de manera significativa las condiciones operativas de la empresa INSEIN Ecuador, garantizando una adecuada distribución de planta, cumplimiento normativo del sistema eléctrico y niveles óptimos de iluminación. Asimismo, se logra una reducción en los tiempos de desplazamiento y una mejora en la eficiencia operativa del proceso productivo, justificando técnica y funcionalmente la implementación del proyecto.

Valoración económica del proyecto.

Las máquinas deben ser trasladadas de la ubicación actual hacia el lugar destinado para su futura zona de trabajo, por ende, se debe emplear un montacargas y personal especializado en el traslado de maquinaria, los costos se pueden ver en la **Tabla 30** a continuación.

Tabla 30.

Costo de Traslado de Maquinaria.

COSTOS DE TRASLADO DE MAQUINARIA			
	DIAS TRABAJADOS		1
	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL
COSTO DE MONTACARGAS POR DÍA	1	$60	$60
PERSONAL DE APOYO	2	2,5	$5
SUBTOTAL			$65
IVA 15%			$9,75

TOTAL	$74.75

Nota: elaborado por el autor.

Los costos de los materiales tanto para el sistema eléctrico de fuerza, de alumbrado y monofásico se encuentran detallados en la **Tabla 31** en donde consta los materiales calculados anteriormente y sus cantidades requeridas.

Tabla 31.

Costo de Materiales Eléctricos.

COSTO DE MATERIALES				
Ítem	**MATERIAL**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO ($)**	**TOTAL ($)**
1	Conductor eléctrico de cobre 300MCM con protección THHN	40m	1,91	76.40
2	Conductor de cobre 14AWG THHN (negro)	100m	0.378	37.80
3	Conductor de cobre 14AWG THHN (blanco)	100m	0.378	37.80
4	Conductor de cobre 14AWG THHN (verde)	100m	0.378	37.80
5	Disyuntor 15Amp	14u	7.67	107.38
6	Conductor de cobre 4AWG	100m	3.21	321.00
7	Conductor de cobre 8AWG	100m	1.53	153.00
8	Conductor de cobre 10AWG	100m	0.93	93.00
9	Disyuntor 30Amp	1u	6.74	6.74
10	Disyuntor 125Amp	1u	38.06	38.06
11	Disyuntor 50Amp	2u	32.61	65.22
12	Luminarias HIGH BAY LED 31,5W	6u	47.89	287.34
13	Tubería galvanizada diámetro 2"	40m	6.65	266.00
14	Uniones para tubería 2"	10u	1.87	18.70
15	Codos a 90° para tubería 2"	10u	1.87	18.70
16	Tubería galvanizada diámetro 1"	60m	2.87	172.20
17	Uniones para tubería 1"	15u	0.60	9.00
18	Codos a 90° para tubería 1"	20u	0.60	12.00
19	Tubería galvanizada diámetro 1/2"	80m	1.25	100.00
20	Uniones para tubería de 1/2"	15u	3.07	45.05
21	Codos para tubería de 1/2"	20u	3.07	61.40
22	Tomacorriente 220V para empotrar	12u	6.99	83.88
23	Cajetín para toma de 220	12u	0.79	9.78

COSTO DE MATERIALES				
Ítem	**MATERIAL**	**CANTIDAD**	**VALOR UNITARIO ($)**	**TOTAL ($)**
24	Tomacorriente 110V para empotrar	7u	2.45	17.15
25	Cajetín para toma de 110V	7u	0.79	5.53
26	Transformador eléctrico trifásico de 75kVA	1u	5925.28	5925.28
			SUBTOTAL	7916.21
			IVA 15%	1187.43
			TOTAL	9103.64

Nota: los precios son solicitados a proveedores del sector industrial para poder cuantificar el valor del proyecto.

Las instalaciones eléctricas las realizaría personal capacitado y especializado en la rama, por lo que los costos de las actividades que lleven a cabo los profesionales constan en la **Tabla 32** a continuación.

Tabla 32.

Costo de Instalaciones Eléctricas.

COSTOS INSTALACIONES ELECTRICAS			
DIAS TRABAJADOS			25
CANTIDAD	CARGO	Costo por día	Total
1	Ingeniero eléctrico	$50	$1250.00
2	Técnico eléctrico	$30	$750.00
		Total	$2000.00

Nota: elaborado por el autor.

Costo total del proyecto.

El costo total del proyecto es la sumatoria del costo de traslado de maquinaria, más el costo de los materiales eléctricos y el costo de las instalaciones eléctricas. Como se puede ver en la **Tabla 33.**

Tabla 33.

Costo Total del Proyecto.

Tipos de costos	Valor monetario ($) incluido IVA
Costo de traslado de maquinaria	**74.75**
Costo de materiales eléctricos	**9103.64**
Costo de instalaciones eléctricas	**2000.00**
Costo total del proyecto	**11,178.39**

Nota: elaborado por el autor.

VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno)

El ahorro energético anual, que es uno de los datos que se necesita para el cálculo del VAN, para este caso lo que se debe realizar es un análisis comparativo del consumo eléctrico actual frente al consumo proyectado bajo condiciones de balance de fases, dimensionamiento adecuado del transformador y la optimización de sistema de iluminación. Se estimo una reducción aproximada del 8% en perdidas técnicas, equivalente a 3072kWh/año, más un ahorro adicional por eficiencia de alumbrado de 263kwh/año. Esto representa un ahorro anual aproximado de $333. Los cálculos se muestran a continuación.

Cálculo de perdidas actuales.

El primer paso es encontrar el consumo energético actual, para lo cual se revisa las últimas 6 planillas de la Empresa Eléctrica Quito, y se realiza un promedio de consumo de las mismas:

Promedio de consumo mensual= **3200kWh/mes**

Promedio de consumo anual= **3200 x 12= 38400 kWh/año**

Lo siguientes es calcular las perdidas actuales, las cuales son orientadas hacia el desequilibrio de fases, conductores sub dimensionados y transformador ineficiente.

Un sistema des equilibrado puede generar entre 5 y 12% de perdidas adicionales, para el caso de la planta de producción se usa un valor técnico conservador de 8%

Por ende, las pérdidas anuales porcentuales ascienden a:

38400 x 0.08 = **3072 kWh/año**

Cálculo de ahorro en iluminación.

Potencia total nueva**: 190.5W = 0.1905kW**

Si trabaja 8 horas al día: **0.1905 kW * 8 h/día= 1.524kWh/día**

Total consumo anual (300 días laborables): **1.524 x 300= 457.2kWh/año**

Ahora se debe comparar con el consumo eléctrico de iluminación actual, para lo cual se realiza el siguiente cálculo:

Datos: en total son 6 lámparas iluminarias de 50W cada una.

6 x 50 = 300W = **0.3kW**

Consumo anterior= **0.3 x 8 x 30 = 720 kWh/año**

Ahorro en iluminación.

720-457= 263kWh/año.

Lo siguiente es pasar los kWh a dólares, para ello se calcula multiplicando la Tarifa Industrial promedio en Ecuador que es de $0.10/kWh.

Entonces:

Ahorro por reducción de perdidas**: 3072 x 0.10 = 307.20 USD/año**

Ahorro por iluminación: **263 x 0.10= 26.30 USD/año**

Ahorro energético estimado.

307.20 + 26.30 = 333.50 USD/año

Cálculo de VAN

Para calcular el flujo anual total estimado, se debe sumar el ahorro energético anual con el flujo de caja anual, el cual, fue 4500USD, entonces el flujo anual es el siguiente:

333.5 + 4500 = 4833.5 USD

La ecuación para obtener el VAN es la siguiente:

Ecuación (18)

$$\boldsymbol{VAN = -Io + \sum \frac{Ft}{(1+i)^t}} \quad \textbf{(18)}$$

Donde:

-*Io,* es la inversión inicial

Ft, es el flujo neto anual

i, es la tasa de interés aplicada de las entidades financieras

t, es la vida útil del proyecto

Datos para cálculo de VAN, una vez que fueron realizados son los siguientes:

Io = 11178.39

Ft= 4833.5 USD

i = 12%

t = 5 años.

$$VAN = -Io + \sum \frac{Ft}{(1+i)^t}$$

$VAN = -11178.39 + 4833.5((1-(1+0.12)^{-5})/0.12)$

Factor financiero: (1- (1.12)^-5))/0.12 = 3.60

VAN= -11178.39 + (4833.5 * 3.60)

VAN= 6222.21 USD.

El proyecto presenta un Valor Actual Neto (VAN) de $6.222,21 para un horizonte de evaluación de cinco años, lo que indica que, una vez recuperada la inversión inicial y descontados los flujos futuros a la tasa establecida, la propuesta genera valor económico adicional para la empresa, evidenciando su viabilidad financiera.

Cálculo de TIR

El TIR se determina teniendo como dato la tasa de interés aplicada que hace que el valor actual neto sea igual a cero. Dado que no puede despejarse algebraicamente, se calcula mediante método iterativos o herramientas como Excell.

Los datos para el cálculo son los siguientes:

Inversión inicial: 11178.39USD

Flujo Anual: 4833.5 USD

Vida útil: 5 años

Figura 36.

Cálculo de TIR

Periodo (años)	0	1	2	3	4	5
Inversión	-11178,39	4833,5	4833,5	4833,5	4833,5	4833,5
Tasa de interés	0,12	12%				
TIR	33%					

Nota: elaborado por el autor.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) obtenida es del 33%, valor que supera la tasa mínima de rendimiento establecida para el análisis, lo cual demuestra que el proyecto presenta una alta rentabilidad y resulta financieramente conveniente para la empresa.

Diagrama de Gantt para instalación de red eléctrica.

El cronograma de activades de proyecto a desarrollar se realizó mediante el diagrama de Gantt, considerando un tiempo de ejecución de un mes. Las actividades fueron organizadas de forma secuencial, de la siguiente manera:

- Revisión del diseño eléctrico.
- Planificación técnica.
- Adquisición de materiales.
- Instalación de canalización.
- Instalación de tableros.

- Instalación de circuitos de fuerza y alumbrado.
- Pruebas.
- Mediciones de iluminancia.
- Validación final del sistema eléctrico.

Este enfoque permite asegurar una implementación del sistema de forma ordenada, eficiente y conforme a la normativa ecuatoriana de construcción y a la UNE 12464-1.

Tabla 34.

Diagrama de Gantt.

INSTALACIÓN DE RED ELÉCTRICA Y DE ILUMINACIÓN										
		Días de ejecución								
NÚMERO	**ACTIVIDAD**	**0**	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**
1	Planificación									
2	Compra de materiales									
3	Canalizaciones eléctricas									
4	Instalación de tableros									
5	Tendido de conductores									
6	Instalación de luminarias									
7	Pruebas y mediciones									
8	Entrega final									

Nota; elaborador por el autor.

El diagrama de Gantt desarrollado, permitió organizar de manera estructurada y lógica las actividades necesarias para la instalación de la red eléctrica y el sistema de iluminación propuesto. La distribución de las tareas en un periodo de un mes, facilito la visualización del orden de ejecución, la interdependencia entre actividades y el uso eficiente del tiempo,

asegurando que fase del proyecto cuente con los recursos y condiciones necesarias antes de su implementación.

Así mismo, el uso del diagrama de Gantt contribuye al control y seguimiento de proyecto, reduciendo riesgos asociados a retraso, reprocesos o improvisaciones durante la ejecución. Esta herramienta de planificación se convierte en un soporte fundamental para garantizar el cumplimiento de la normativa técnica aplicable, la seguridad en los trabajos eléctrico y la correcta puesta en marcha del sistema, fortaleciendo la viabilidad técnica y operativa de la propuesta que se desarrolló en el presente trabajo de titulación.

Curva "S".

La curva S del proyecto refleja el comportamiento acumulado de la inversión a lo largo del periodo de ejecución de 4 semanas. Se observa un crecimiento progresivo del gasto durante las fases intermedias donde se concentran las actividades de instalación eléctrica y montaje de equipos, estabilizándose al final con las pruebas y ajustes del sistema. Esta herramienta permite visualizar el control financiero del proyecto y verificar la coherencia entre la planificación técnica y la ejecución económica. **Tabla 35.**

Tabla 35.

Valores para Curva S.

Semana	Costo Acumulado (USD)	Actividades
1	1676,76	Planificación y compra de materiales
2	5589,19	Canalizaciones eléctricas
3	9501,63	Instalación de tableros, tendido de conductores, instalación de luminarias

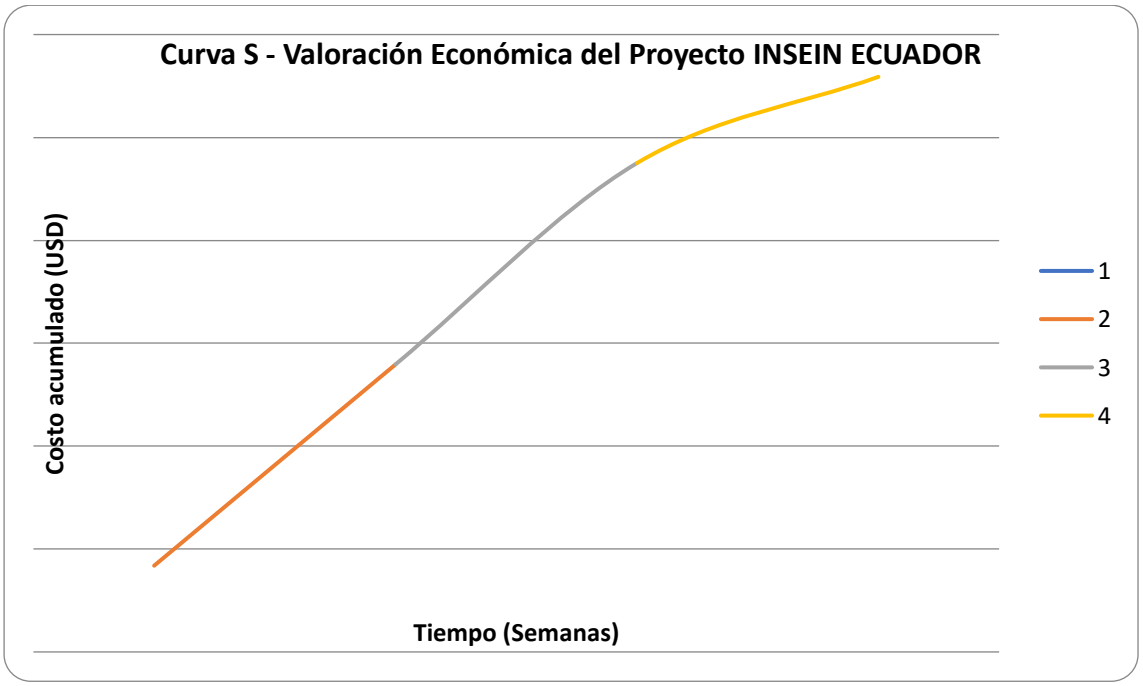
4	11178,39	Pruebas, mediciones y entrega final

Nota: Elaborado por el autor.

La curva que resulta de interpretar los valores de la Tabla 31, corresponde a la curva S, los mismos que permiten visualizar de manera fácil el avance del proyecto y su valor económico, como se puede ver en la **Figura 37.**

Figura 37.

Curva S del proyecto



Nota: elaborado por el autor

La Curva S muestra que el mayor porcentaje de inversión se concentra en la fase intermedia del proyecto, donde se ejecutan las actividades críticas de instalación y montaje, evidenciando coherencia entre planificación técnica y ejecución económica.

Capitulo IV

Conclusiones.

- Se realizó el diagnóstico de la situación actual del área de producción de la empresa INSEIN Ecuador, mediante la aplicación del método de Guerchet, el diagrama de Ishikawa, el análisis de Pareto y una auditoría energética basada en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC, Capítulo 15). Los resultados obtenidos mediante el método de Guerchet evidencian que la distribución actual de los equipos no cumple con los requerimientos mínimos de espaciamiento, lo que genera limitaciones en la operación, mantenimiento y circulación dentro de la planta. A través del diagrama de Ishikawa se identificaron las principales causas de esta problemática, entre las que destacan: el desconocimiento de normas técnicas, la ausencia de un estudio de diseño de planta, la distribución inadecuada de equipos y maquinaria, los espacios de trabajo insuficientes, el deficiente diseño de la red eléctrica y la falta de iluminación en los puestos de trabajo. Posteriormente, el análisis de Pareto permitió priorizar las causas más críticas, determinando que las de mayor incidencia son el desconocimiento de normas técnicas, la ausencia de diseño de planta y la incorrecta distribución de equipos. Finalmente, la auditoría energética evidenció varias no conformidades en el sistema eléctrico, tales como una acometida inadecuada, falta de separación de circuitos, protecciones eléctricas deficientes, ausencia de sistema de puesta a tierra, inexistencia de diagrama unifilar y falta de señalización y rotulación. En conjunto, estos resultados permiten caracterizar de manera integral las condiciones actuales de la planta, cumpliendo con el objetivo de diagnóstico y evidenciando la necesidad de un rediseño de la distribución y del sistema eléctrico.

- En cumplimiento del segundo objetivo específico, se desarrolló el diseño de la nueva distribución de planta y de la red eléctrica de la empresa INSEIN Ecuador, mediante la aplicación del método de Guerchet, herramientas de ingeniería industrial y normativa técnica vigente. En cuanto al diseño de la planta, se consideró la totalidad del equipamiento fijo y móvil, determinando su ubicación dentro de un área disponible de **296.2 m²**. La aplicación del método de Guerchet permitió establecer un emplazamiento adecuado de los equipos, cumpliendo con los requerimientos de espaciamiento, lo que garantiza condiciones seguras de operación, una adecuada circulación del personal, accesibilidad para actividades de mantenimiento y un flujo de trabajo optimizado orientado a la reducción de tiempos de recorrido. Respecto al diseño del sistema de alumbrado, se utilizó el software DIAlux, considerando los

niveles de iluminancia requeridos según el tipo de actividad desarrollada. Se establecieron niveles de **300 lux** para áreas de mecanizado general y **500 lux** para áreas de mayor precisión. Para ello, se diseñó un sistema de alumbrado general combinado con iluminación localizada en las zonas críticas, implementando un total de **tres circuitos de alumbrado**, cada uno con dos puntos de luz, utilizando luminarias tipo LED de **31.5 W** y **110 V**, garantizando condiciones adecuadas de visibilidad en los puestos de trabajo. En cuanto al diseño de la red eléctrica de fuerza, se definieron **siete circuitos independientes**, cada uno destinado a cargas específicas, lo que permite una distribución eficiente y segura de la energía eléctrica. Finalmente, se propone la instalación de un transformador con capacidad de **75 kVA**, con niveles de tensión de **22.4 kV a 120/240 V**, incorporando un **20% de capacidad de reserva**, lo cual asegura la cobertura de la demanda actual y la posibilidad de futuras ampliaciones. En conjunto, estas acciones permiten establecer un diseño técnico integral de la planta y del sistema eléctrico, garantizando condiciones óptimas de operación, seguridad y eficiencia energética.

- El presente proyecto tiene una valoración económica total que asciende a $11,178.39 la cual incluye: costo de traslado de maquinaria, materiales eléctricos, instalación de la red eléctrica correspondiente a fuerza y alumbrando y del transformador eléctrico. Además, se establece un diagrama de Gantt encaminado a establecer un proceso ordenado y secuencial en el tiempo destinado a la ejecución del proyecto en sus diferentes etapas, para el mismo se establece un periodo correspondiente a cuatro semanas laborables.

Recomendaciones.

- Se recomienda que la empresa adopte de forma permanente el método de Guerchet como herramienta de planificación espacial, no solo para la reubicación actual de la planta, sino también para futuras incorporaciones de maquinaria, con el fin de evitar nuevamente la saturación del espacio, interferencias operativas y riesgos ergonómicos.
- Se recomienda implementar la distribución de planta propuesta, respetando estrictamente las zonas funcionales definidas (torneado, fresado, soldadura, corte por

electro hilo y montaje), ya que esta organización por procesos mejora el flujo de trabajo, reduce desplazamientos innecesarios y facilita la supervisión operativa.

- Se recomienda que la empresa considere la inversión propuesta no únicamente como un costo, sino como una inversión estratégica, ya que el rediseño de la planta y la red eléctrica contribuye a la reducción de paradas no programadas, disminución de riesgos laborales y optimización del consumo energético.

Bibliografía.

Andrade, D. (2025). *REDISEÑO DE RED ELÉCTRICA DE UNA AGENCIA DE ADUANAS EN LA CUIDAD DE QUITO.* QUITO.

Aranjuez, E. (12 de 05 de 2025). *Electro industrial Aranjuez*. Obtenido de https://www.electro-industrial.com/como-planificar-una-instalacion-electrica-industrial/

Bocancel, G. A., Rosas Echeverría , C., & Bocancel Marín , G. (2021). Ingeniería Industrial Introducción al Diseño de Plantas. En *Introducción al Diseño de Plantas* (pág. 179). Lima: Unheval.

Brtitannica. (7 de 10 de 2025). *Britannica*. Obtenido de https://www.britannica.com/science/Faradays-law-of-induction

Bryan, B. (2024). *REDISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA DE ALUMBRADO EN LA EMPRESA METALICA INDICOMS UBICADA EN LA CUIDAD DE QUITO.* QUITO

.

Contreras, L. P., & Bello Pérez, C. J. (7 de 5 de 2013). *Diseño de planta.* Obtenido de Ciencia La Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/83350864-d24b-42dd-ac61-8a10ca77621f/content

DIELCO. (1 de 02 de 2021). *DIELCO*. Obtenido de https://www.dielco.co/articulos/red-de-media-tension#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20una%20Red%20de,industrias%2C%20empresas%20y%20zonas%20residenciales.

Doignon, Y. (26 de 4 de 2025). *Grupo Banco Mundial*. Obtenido de https://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview#:~:text=La%20energ%C3%ADa%20es%20el%20pilar,gradual%20de%20los%20combustibles%20f%C3%B3siles.

eeq.com. (2025). *Empresa Eléctrica Quito*. Obtenido de https://www.eeq.com.ec/proyectos-de-redes-de-distribucion

Electrotecnia. (7 de 3 de 2024). *Eelctrotecnia*. Obtenido de https://l.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Fmydautomotrices.online%2F%3Ffbclid%3DIwZXh0bgNhZW0CMTAAYnJpZBExdXFXcEtCMTN3dmVJWTNsYXNydGMGYXBwX2lkEDIyMjAzOTE3ODgyMDA4OTIAAR62mG-FZFT6vwATE3Djcr1D_aQyEwn90ZVsAqKjMUBVSmsKKpS9UVjJFjLXgA_aem_waGQzSc2UX1sdi6kngAiS

Enerdata. (26 de 4 de 2024). *Enerdata*. Obtenido de https://datos.enerdata.net/energia-total/datos-consumo-internacional.html

Fluke. (1 de 1 de 2025). Obtenido de https://www.fluke.com/en-us/learn/blog/electrical/what-is-voltage

GEDISA. (4 de 1 de 2022). *GEDISA*. Obtenido de https://es.scribd.com/document/367782032/Tabla-de-Breakers-Comerciales-Gedisa-pdf

GOV.CO. (2 de 1 de 2023). *Autoridad Nacional de Licencias Ambientales*. Obtenido de https://www.anla.gov.co/01_anla/entidad/subdirecciones-y-oficinas/instrumentos-permisos-y-tramites-ambientales/valoracion-economica

Grumeber. (29 de 11 de 2024). *Grmueber*. Obtenido de https://grumeber.com/torno-cnc/

IDEA. (26 de 4 de 2024). *IDEA*. Obtenido de Idea: https://ideatsg.com/industrial/diseno-plantas-industriales/#:~:text=El%20dise%C3%B1o%20de%20plantas%20industriales,de%20valorar%20en%20todo%20proyecto.

ILUMEYCO. (2024). *ILUMEYCO.* REP DOMINICANA.

Ingenierias, F. (18 de 10 de 2024). *Universidad ORT Uruguay*. Obtenido de https://fi.ort.edu.uy/blog/que-es-la-electricidad-y-quien-la-descubrio

Joy, A. T. (25 de 09 de 2025). *TAMESON*. Obtenido de https://tameson.es/pages/explicacion-de-los-transformadores-electricos

Juárez, A. R. (24 de 09 de 2019). *Laboratorio de Electricidad y Magnetismo.* Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63362665/1._Carga_Electrica20200519-15511-8nd9gz-libre.pdf?1589910412=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCarga_Electrica.pdf&Expires=1760665580&Signature=YZ9pP6iQufIytsKI8tVGlScO2k~4ceCesbTFpqSy24WBMJe

Londoño, S. M., & Lopez Quintero, J. G. (2018). *Transformadores Eléctrico* . Colombia.

MANUFACTURA, L. (18 de 07 de 2024). *Latam Manufactura*. Obtenido de https://www.manufactura-latam.com/noticias/es/tendencias-en-el-diseno-de-plantas-industriales

Martínez, E. A. (1985). *Problemas resueltos y propuestos de Electrotecnia Básica.* Cuba.

mediterraneo, a. (17 de 03 de 2011). *artes mediterraneo*. Obtenido de https://artes-iesmediterraneo.blogspot.com/2011/03/

Minas, M. d. (1 de 1 de 2020). *Ministerio de Energía y Minas.* Obtenido de https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/2.-TRANSFORMACION-Y-SITUACION-ACTUAL-DEL-SECTOR-ELECTRICO.pdf

NEC. (2018). *Norma Ecuatoriana de la Construcción* . Quito.

NTE, I. (5 de 1 de 2025). Obtenido de https://www.studocu.com/ec/document/universidad-politecnica-salesiana/circuitos-electricos/nte-inen-2969-1-iluminacion-x-ambientes/65947811

Ormazabal. (1 de 2 de 2025). Obtenido de https://www.ormazabal.com/que-es-la-red-de-baja-tension-y-como-funciona/

Ortiz, C. (26 de 4 de 2024). *cristianocariz.com*. Obtenido de https://www.christianocariz.com/post/redise%C3%B1o-y-traslado-de-planta-de-producci%C3%B3n

Philips. (26 de 4 de 2025). *Philips*. Obtenido de https://www.signify.com/es-es/prof/luminarias-de-interior/colgante/colgante-lineal/philips-flexblend-suspendida/LP_CF_SP340P_EU/family

Porras, S. U. (2016). *Acceso Universal a la Electricidad.* Madrid-España.

PORTOTRANS. (26 de 4 de 2024). *PORTOTRANS*. Obtenido de https://portotransformadores.com/productos/transformador-trifasico-convencional/

Ramón, G. (2024). *Rediseño de la distribución de planta para la rectificadora de motores de combustión* . Quito-Ecuador.

Renovables, M. d. (23 de 20 de 2020). *Balance Energético Nacional 2020.* Obtenido de https://www.ambienteyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/01-CAPI%CC%81TULO-01BEN-2020-Web-17-46.pdf

Repsol. (4 de 2 de 2025). *Repsol*. Obtenido de https://www.repsol.com/es/energia-avanzar/energia/energia-electrica/index.cshtml

Rodríguez, N., Robles, G., Mora, R., & Peña, J. (2021). *Diseño de Instalaciones de centro de acopio de pimienta Dioica.* Tezuitlan: Jornal CIM.

Seippel, R. G. (2021). *Fundamentos de Electricidad.* Barcelona: Editorial Reverté.

Solange, P., Carrión, N., Madruñero, J., & Castro-Verdozoto, P. (2023). *Estimación de la superficie requerida y distribución de planta de una industria metalmecánica.* Ibarra - Ecuador: Journal Ideas.

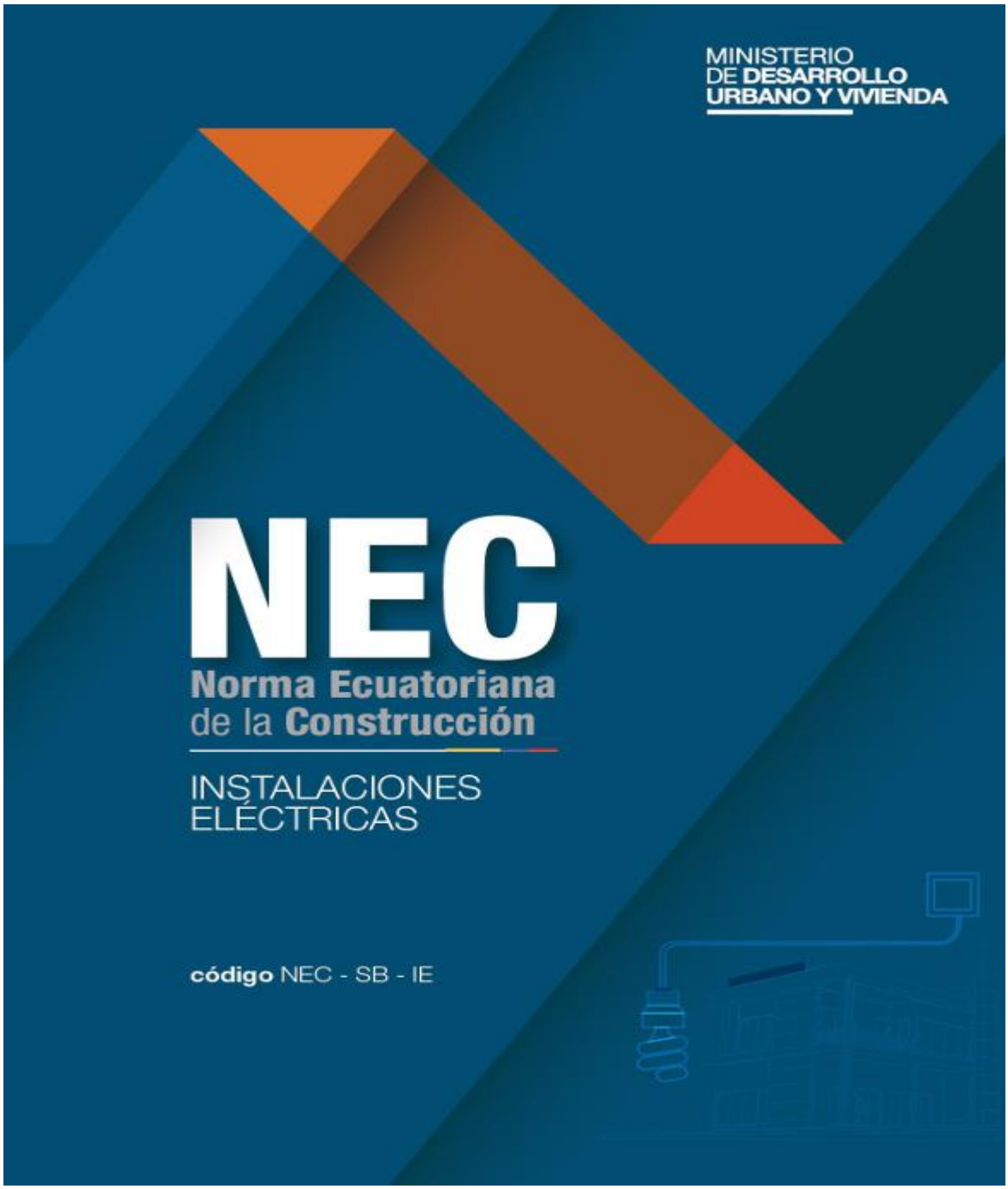
Tipantiza, Y. (2024). *REDISEÑO DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE FUERZA E ILUMINACIÓN PARA UNA EMPRESA DE REFRIGERACIÓN INDUTRIAL EN LA CUIDAD DE QUITO.* QUITO.

tromilux. (26 de 4 de 2020). *tromilux*. Obtenido de https://www.tromilux.com/es/%C2%BFconoces-los-3-tipos-principales-de-iluminacion

Anexos.

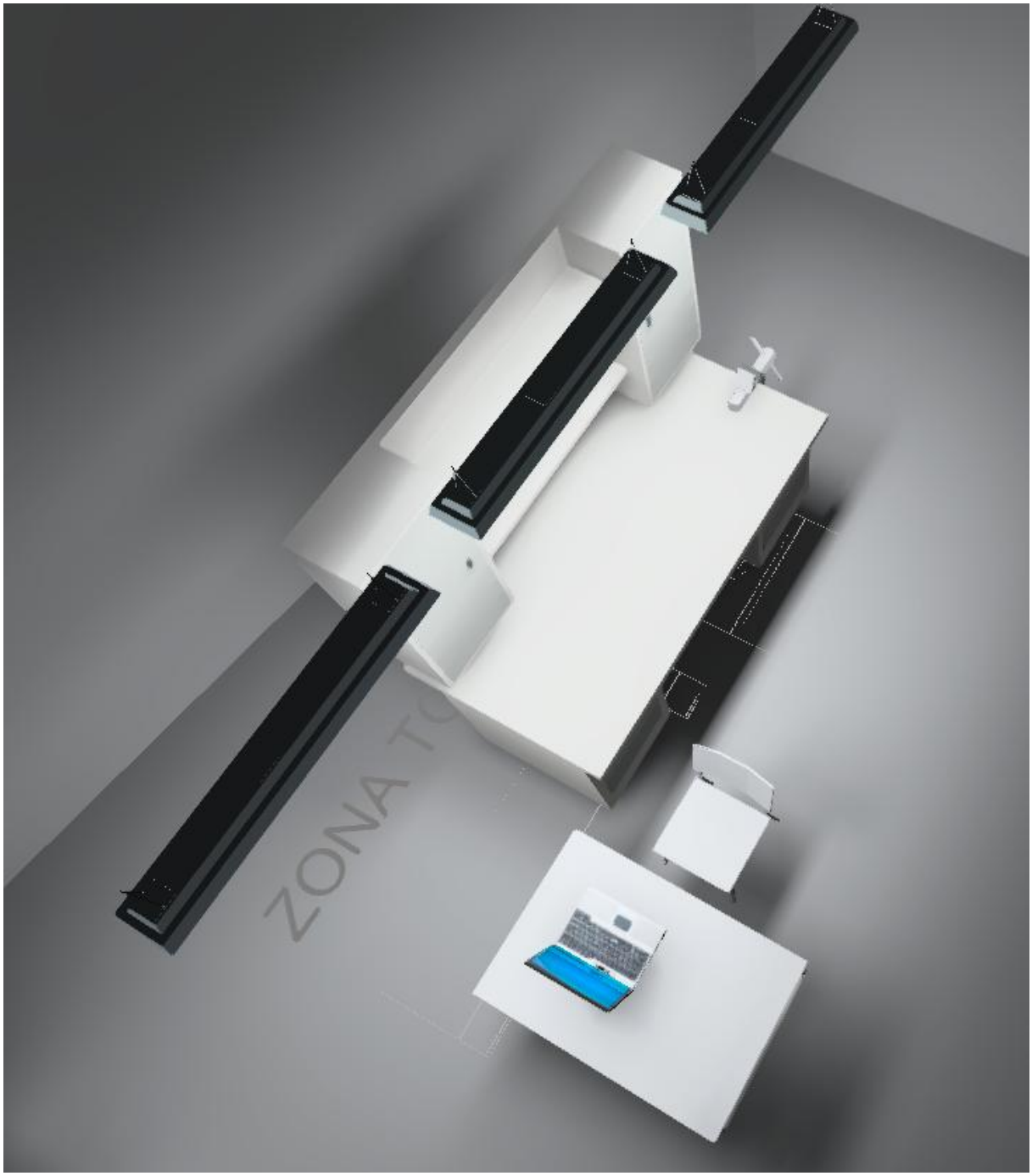
Anexo (1).

Norma Ecuatoriana de la Construcción.



Anexo (2).

Luminarias de Zona de Torno CNC.



Anexo (3).

Aprobación de Abstract por Departamento de Idiomas.

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTY OF ENGINEERING

Industrial Engineering

AUTHOR: ERAZO QUELAL JOSE LUIS

TUTOR: MSc. SEGURA D ROUVILLE JUAN JOEL

THEME

PLANT AND ELECTRICAL NETWORK REDESING OF THE COMPANY INSEIN ECUADOR

ABSTRACT

This research was conducted at the INSEIN Ecuador facility located in Quito, where several critical issues were identified: suboptimal plant layout, an electrical network that fails to comply with the National Construction Code (NEC), and an inefficient lighting system for the operational activities performed on-site. Consequently, it is necessary to redesign the production plant and the electrical distribution network using engineering criteria and technical construction standards to optimize operational performance. The methodology employed includes the Guerchet method for layout planning, Ishikawa and Pareto diagrams for root cause analysis, and DIAlux software for the lighting system design. For the power network, the Ecuadorian Construction Code (NEC, Chapter 15, 2018) was applied. The results obtained through the Guerchet methodology provided adequate spacing between workstations. The lighting network designed via DIAlux ensures luminous levels of 300 and 500 lux, respectively, meeting the specific requirements of the tasks performed at each station. Furthermore, the power distribution network was designed in accordance with NEC requirements, proposing a 75kVA transformer that satisfies the installed load with a 20% reserve capacity. It is concluded that the total project implementation cost amounts to $11,178.39, thereby guaranteeing an efficient production flow, minimized operational times, high-quality electrical service, and appropriate working conditions for personnel.

KEYWORDS: Electrical network, plant redesign, lighting network.