

UNIVERSIDAD MODELO

Escuela de Ingeniería | Ingeniería Industrial Logística

8vo Semestre | Proyecto integrador

Período enero – junio 2026

PROYECTO DE MEJORA Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS

Integrantes:

Patricio García Durocher (Líder)

Angélica Marroquin Baturoni

Marco Tellez Ordoñez

Humberto Lamoyi Peregrino

Miguel Ángel Canul Sosa

Mauro Chale Baeza

Reyna Rico Muñoz

Fernando Montes Casanova

Mérida, Yucatán a 13 de mayo de 2026

Contenido

1	Introducción	4
1.1	Eje de Diagnóstico del Sistema Actual (AS-IS)	5
1.2	Eje de Análisis Logístico y Productivo	8
1.3	Eje de Automatización y Tecnología	11
1.3.1	Identificación de oportunidades de automatización	11
1.3.2	Tecnologías propuestas	12
1.3.3	Nivel actual vs nivel propuesto	14
1.3.4	Justificación técnica	14
1.3.5	Viabilidad preliminar de implementación	15
1.4	4. Eje Legal y Organizacional	16
1.4.1	Diagnóstico de la gestión administrativa y relación laboral	16
1.4.2	Análisis de prestaciones y beneficios al trabajador	17
1.4.3	Evaluación de riesgos en seguridad social y desvinculación	17
1.4.4	Entorno sindical y servicios adicionales	18
1.5	Eje de Gestión del Proyecto	18
1.5.1	Comparativa contra el cronograma	18
1.5.2	Gestión del equipo	20
1.5.3	Avance real del proyecto	21
1.6	Eje de Propuesta Preliminar (TO-BE)	22
1.6.1	Normalización Eléctrica e Integración de Maquinaria de Planchado	22
1.6.2	Semi-automatización de la Banda Transportadora mediante VFD	22
1.6.3	Implementación de Sistema Mecanizado de Inspección de Tela	23
1.6.4	Sistema Integral de Gestión de Seguridad, Higiene y Normatividad	23

1.6.5	Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)	24
1.7	Proyección a Etapa Final	25
2	Anexos	27
2.1	Estudio de tiempos para estación de serigrafiado	27

1 Introducción

La industria de la manufactura textil y maquila requiere una alta sincronización operativa para mantener su competitividad y cumplir con los requerimientos de clientes de alto nivel (como parques temáticos y ecológicos). En este contexto, el presente documento expone un proyecto de mejora y automatización de procesos desarrollado para la empresa Dan Eli del Caribe ubicada en Mérida, Yucatán, la cual se dedica a la fabricación de prendas estampadas bajo un sistema de producción por pedidos.

A partir de un diagnóstico técnico realizado en la planta de producción (mediante toma de tiempos y movimientos, y evaluaciones normativas), se identificaron diversas áreas de oportunidad que limitan la eficiencia del sistema. Entre los hallazgos críticos destacan la subutilización de maquinaria instalada (específicamente las seis prensas de calor), la falta de control automatizado en la banda de secado y riesgos operativos vinculados a una infraestructura eléctrica artesanal y al incumplimiento de normativas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS).

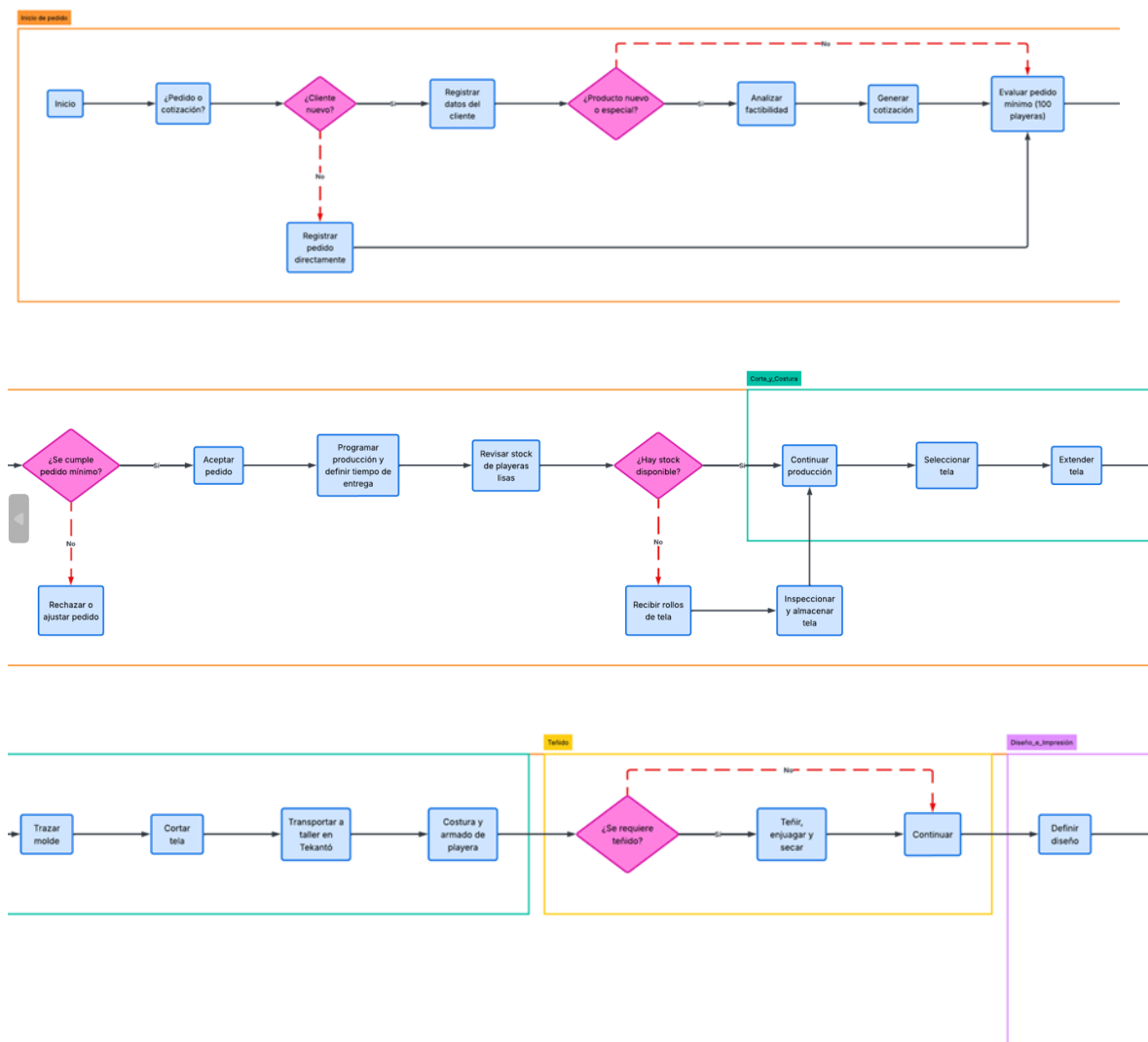
A lo largo de este informe se detalla la transición del estado actual de los procesos (AS IS) hacia un modelo operativo propuesto (TO BE). Todo esto se encuentra respaldado por diagramas analíticos de flujo y bimanuales, una matriz de responsabilidades (RACI), un registro de gestión de riesgos e Indicadores Clave de Desempeño (KPIs). De este modo, se busca proporcionar a la dirección de Dan Eli del Caribe una base técnica sólida que promueva un flujo de producción balanceado, mitigue riesgos legales e incremente la seguridad y productividad de sus operaciones.

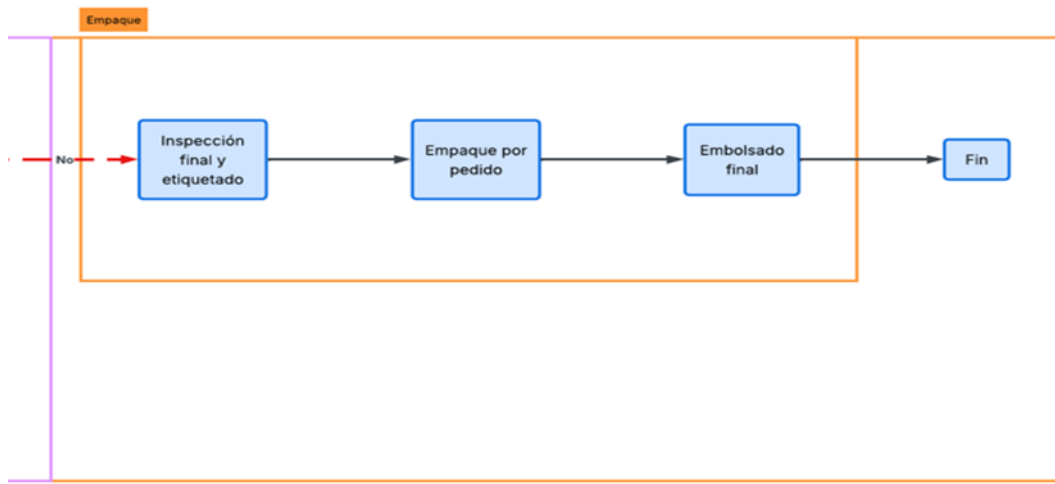
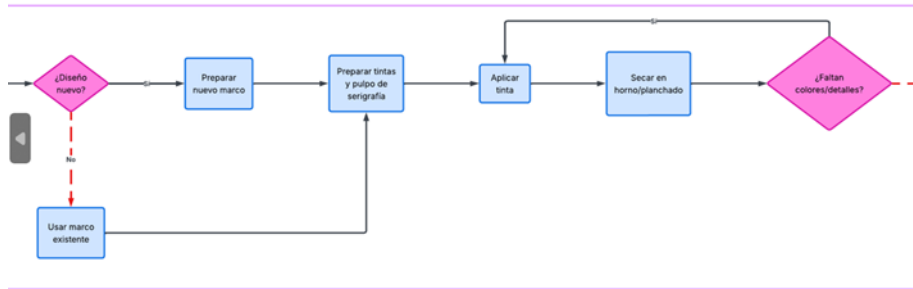
1.1 Eje de Diagnóstico del Sistema Actual (AS-IS)

Actualmente, Dan Eli del Caribe opera bajo un sistema de producción por pedidos que presenta un desbalance crítico en su línea. A través de un diagnóstico técnico y observación directa en planta, se mapeó el flujo desde la recepción de la materia prima (con procesos de maquila subcontratados en Tekantó) hasta el empaque final (Figura 1).

Figura 1

Diagrama de flujo estandarizado por simbología ISO





El hallazgo central es que el cuello de botella del proceso se localiza en la operación de planchado y secado posterior al estampado. La capacidad de esta área resulta menor en comparación con el ritmo de salida continuo de la serigrafía, generando un desbalance operativo. Como consecuencia, las prendas tienden a acumularse después de la serigrafía (WIP), ocasionando tiempos de espera y reduciendo la fluidez del sistema.

Figura 2

Layout actual de la planta de Dan Eli del Caribe, destacando el área de estudio

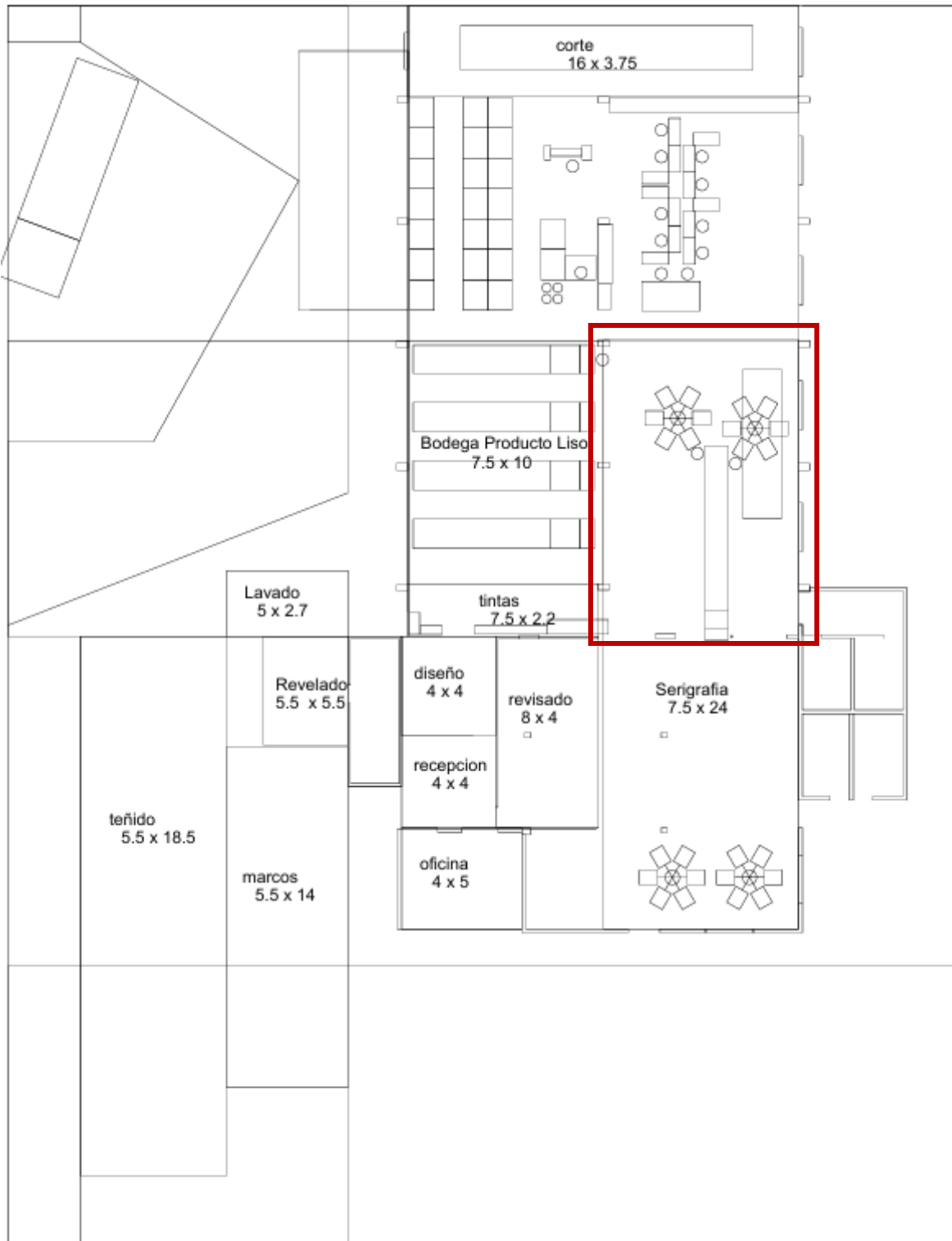
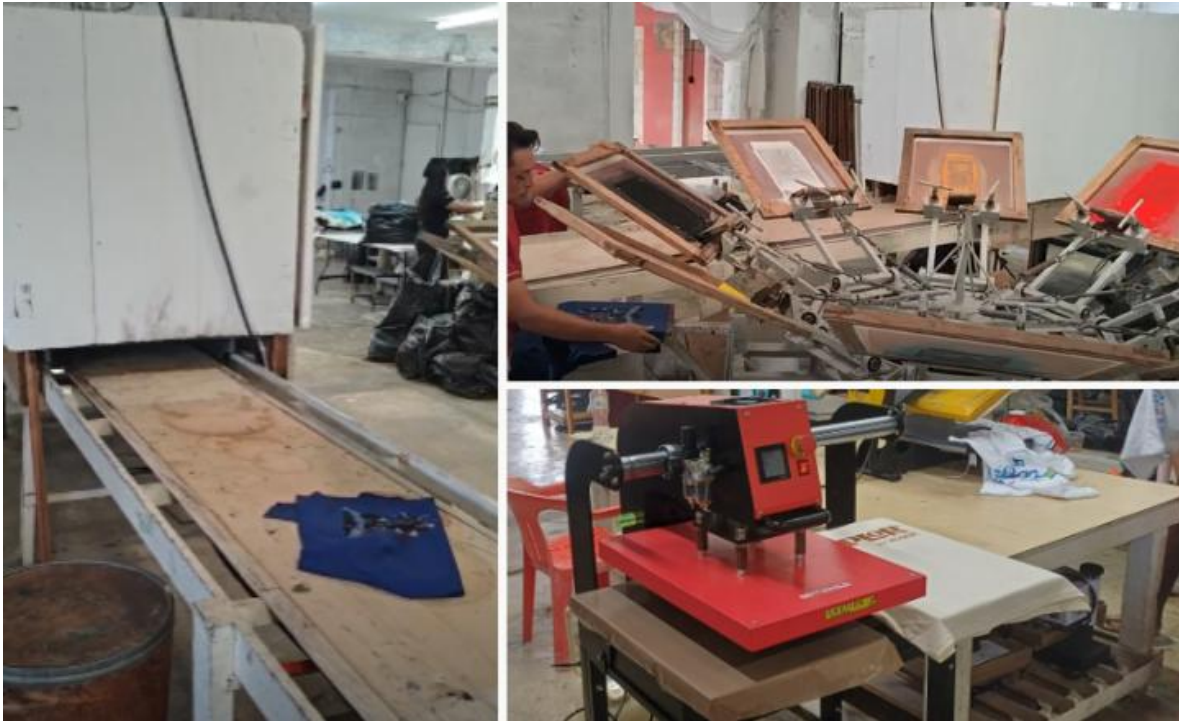


Figura 3

Fotografías reales del área de serigrafiado y planchado



1.2 Eje de Análisis Logístico y Productivo

Este eje se centra en analizar los tiempos de las operaciones involucradas para justificar el desbalance y plantear la optimización de los activos de la empresa.

Los estudios de tiempo arrojan que el ciclo total del pulpo es de 19.899 segundos para 1 marco (Tabla 1), lo que permite un ritmo de procesamiento acelerado de 180 retazos por hora. En contraste, la banda transportadora y el horno operan a una velocidad fija restrictiva (1 min 18 s de recorrido de banda y 23.10 s de precalentado). Para más información pueden verificar el Anexo *Estudio de tiempos para estación de serigrafiado*.

El dueño ha realizado una fuerte inversión en equipo, contando con un total de 6 planchas térmicas. Sin embargo, debido a las limitaciones y riesgos del sistema eléctrico actual, solamente 1 plancha se encuentra instalada y operativa. Esta única plancha (cuyo ciclo es de 25.40 s) no solo es insuficiente para el volumen que inyecta el pulpo, sino que

presenta tiempos muertos porque el operador debe esperar a que las prendas salgan del horno para poder procesarlas.

Tabla 1

Toma de tiempos para estación de serigrafiado, en segundos

PROCESO DE SERIGRAFIADO EN PULPO					
Marcos en uso	Paso 1	Paso 2	Paso 3	TOTAL	Retazos por hora
	Colocar Camisa en pulpo	Tintar	Colocar camisa en banda		
1	9.295	5.240	5.363	19.899	180
2	9.295	10.490	5.363	25.149	143
3	9.295	15.730	5.363	30.389	118
4	9.295	20.970	5.363	35.629	101
5	9.295	26.210	5.363	40.869	88
6	9.295	31.460	5.363	46.119	78
7	9.295	36.700	5.363	51.359	70
8	9.295	41.944	5.363	56.602	63

Tabla 2

Información básica de banda transportadora

Parámetro	Dato medido
Recorrido de banda	1 min 18 s
Tiempo de precalentado en horno	23.10 s
Motor	Siemens trifásico 0.25 HP — 1,740 RPM / 220-440 V
Consumo de gas LP	1.088 m³/h (80,000 BTU/h)
Observación	Sin variador de velocidad — velocidad fija, sin posibilidad de sincronización con planchas

Tabla 3

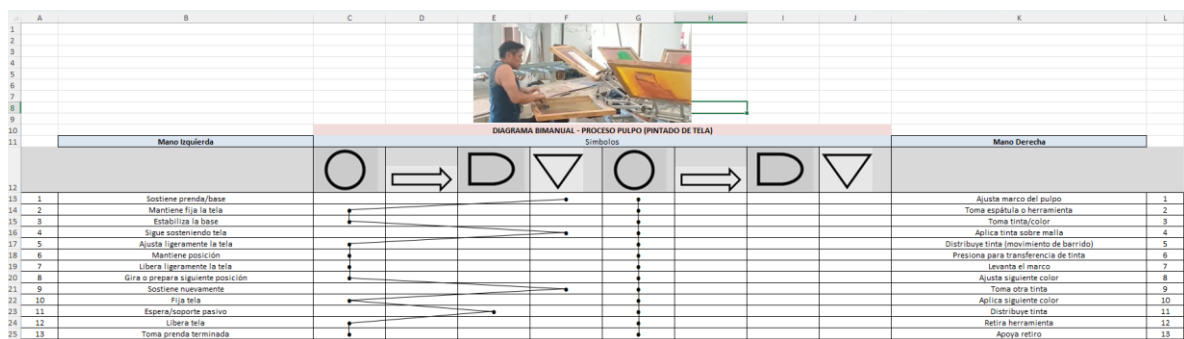
Consumo eléctrico y tiempo estándar por tipo de plancha

Equipo	Consumo eléctrico	Observaciones
Plancha neumática roja (nueva)	3,500 W / 110 V	52% superior a lo estimado Riesgo de sobrecarga
Planchas azul y amarilla	2,200 W c/u	Consumo dentro de parámetros normales
Plancha verde (Moritzu)	1,800 W	Consumo dentro de parámetros normales
Total instalado	6 planchas	Ciclo de operación: 25.40 s (2 camisas simultáneas)

Uno de los principales hallazgos identificados gracias al diagrama bimanual (Tabla 4) es que existe una secuencia continua de movimientos repetitivos, especialmente relacionados con la toma de herramientas, aplicación de tinta y manipulación del marco del pulpo. Esto indica que el proceso tiene una alta dependencia de la habilidad manual del operador, lo cual puede generar fatiga física después de largos periodos de trabajo.

Tabla 4

Diagrama bimanual del proceso de serigrafado



Con base en el análisis realizado específicamente en el área de serigrafía y planchado/secado, mediante la aplicación de diagramas de flujo y diagrama bimanual, se identificó que el principal cuello de botella del proceso se localiza en la operación de planchado y secado posterior al estampado.

Esta conclusión se fundamenta en que el flujo de producción dentro del área de serigrafía depende directamente de la liberación de prendas provenientes del proceso de planchado/secado para poder continuar con las siguientes actividades. Durante la observación del proceso, se detectó que las prendas estampadas deben esperar a completar el tiempo de secado o planchado antes de avanzar a etapas posteriores, provocando acumulación de trabajo en proceso y limitando el ritmo general de producción.

Asimismo, se observó que la operación de serigrafía mantiene una dinámica de trabajo relativamente continua mientras el operario realiza el estampado; sin embargo, la capacidad del área de planchado/secado resulta menor en comparación con el ritmo de salida del estampado, generando un desbalance operativo entre ambas estaciones. Como consecuencia, las prendas tienden a acumularse después de la serigrafía, ocasionando tiempos de espera y reduciendo la fluidez del sistema.

Por otra parte, el análisis bimanual permitió identificar que el operario de serigrafía concentra una gran cantidad de actividades manuales durante el proceso de estampado, especialmente en el manejo de tintas y herramientas. Aunque existen oportunidades de mejora relacionadas con la ergonomía y la distribución de movimientos, estas no representan directamente la principal limitación del flujo productivo. El verdadero punto crítico ocurre en la etapa de planchado y secado, donde las prendas deben permanecer un tiempo determinado antes de continuar hacia las siguientes operaciones.

1.3 Eje de Automatización y Tecnología

La transición hacia un modelo de producción eficiente en Dan Eli del Caribe requiere la integración de tecnologías que permitan el control dinámico del flujo y el aseguramiento de la calidad desde el origen. Este eje detalla la propuesta técnica para semi-automatizar los sistemas de transporte y revisión de material, con el objetivo de eliminar restricciones de línea, maximizar el aprovechamiento de la maquinaria instalada y reducir de forma drástica los índices de reproceso.

1.3.1 Identificación de oportunidades de automatización

A través del mapeo del proceso productivo y el análisis de tiempos y movimientos, se detectaron dos áreas críticas donde la dependencia de procesos fijos o puramente manuales genera "mudas" (desperdicios) y alimenta los cuellos de botella del sistema:

- **Semi - automatización de la velocidad de la banda transportadora:**
Actualmente, la banda de secado opera de manera mecánica con un motor que no permite ajustes en su ciclo, obligando a un recorrido estático de 1 min 18 s. Esta inflexibilidad genera un desbalance con la estación posterior de planchado. Se identificó la oportunidad de instalar un regulador de velocidad electromecánico para dinamizar y sincronizar las tasas de producción.
- **Inspección automatizada de materia prima:** La revisión de los rollos de tela en la planta se efectúa de manera visual rudimentaria o, en ocasiones, no se realiza. Esto permite que materiales con defectos de origen pasen a las etapas de corte y estampado. Automatizar esta validación mediante un sistema mecanizado a contraluz detendrá los defectos antes de inyectarles valor agregado (tinta, tiempo y energía térmica).

1.3.2 Tecnologías propuestas

Para capitalizar las oportunidades descritas y elevar el rigor tecnológico de la planta, se propone la adquisición e integración de los siguientes equipos:

Variador de Frecuencia (VFD / Inversor): Controlador electrónico de velocidad compatible con el motor Siemens trifásico (0.25 HP, 1,740 RPM / 220-440 V) ya existente en la banda transportadora. Este dispositivo fungirá como el "cerebro" para modular la frecuencia eléctrica y, por ende, las revoluciones del motor con alta precisión.

Figura 4*Controlador de velocidad variable*

Máquina de Inspección y Medición de Tela (Rexel PP-3S): Un equipo industrial automatizado diseñado para el escrutinio de textiles en rollo. Cuenta con un motor propio de 0.55 kW accionado por un inversor que otorga una velocidad de bobinado de 50 a 60 m/min. Está equipada con una gran pantalla de retroiluminación LED (200 x 50 cm) para la inspección visual a contraluz, un contador mecánico para validar la longitud exacta, y un marco de acero reforzado que soporta rollos de hasta 190 cm de ancho y 70 kg de peso.

Figura 5*Máquina de inspección y medición de Tela Rexel PP-3S*

1.3.3 Nivel actual vs nivel propuesto

La implementación de las tecnologías mencionadas marcará una evolución estructural en la madurez operativa de la maquiladora, pasando de un estado rígido a un sistema dinámico y auditable.

La línea de presecado funciona como un sistema "ciego" y estático; la banda siempre corre a la misma velocidad sin importar la carga de trabajo o la capacidad de absorción del área de planchado. En el área de calidad, la inspección de la tela es empírica y totalmente dependiente del criterio humano a simple vista.

Se consolida una línea semi-automatizada donde el VFD le otorga flexibilidad paramétrica al horno (ej. ajuste programable a 60 s o 40 s de recorrido), respondiendo al ritmo dictado por el cuello de botella. En paralelo, el control de materia prima asciende a un escrutinio mecanizado estandarizado, donde el 100% del tejido se verifica uniformemente bajo normas de tensión y medición precisas.

1.3.4 Justificación técnica

Las tecnologías seleccionadas no responden a un deseo de modernización superficial, sino a cálculos de ingeniería orientados a resolver los desbalances físicos y financieros de Dan Eli del Caribe.

La instalación del controlador de banda se justifica bajo los principios de la Teoría de Restricciones (TOC). Al regular el motor Siemens de 0.25 HP, se empareja la velocidad de salida de prendas secas con el tiempo de ciclo de las planchas (25.40 s). Esta sincronización es el paso habilitador *obligatorio* para poder operar las 6 planchas térmicas simultáneamente de forma rentable (meta de >85% de utilización), eliminando la muda de espera del operador.

Desde la perspectiva de costos de calidad (COQ), procesar prendas con defectos de origen desperdicia tinta plastisol, horas-hombre y consumo eléctrico (3,500W por plancha). La retroiluminación revela de forma instantánea tramas abiertas, roturas o manchas que el ojo humano omite sobre una mesa opaca. Además, su sistema de desenrollado tracciona el material sin provocar elongaciones textiles, validando con el contador mecánico que el metraje facturado por el proveedor textil coincida con los metros reales ingresados al almacén.

1.3.5 Viabilidad preliminar de implementación

Al evaluar el capital requerido frente a la facilidad de integración en la planta, la instalación del variador de frecuencia en la banda transportadora presenta una viabilidad alta, tanto técnica como financiera. Esta propuesta tiene un costo estimado que oscila entre los 600 y 3,000 pesos mexicanos, una cifra aproximada basada en precios de mercado para equipos de marcas industriales como Siemens, Delta o Weg, la cual estará sujeta a la cotización formal de un proveedor local. La altísima viabilidad de esta mejora radica en que el componente más pesado, estructural y costoso ya se encuentra instalado y es cien por ciento operativo. Por lo tanto, la intervención exige únicamente la compra del controlador, su colocación en el centro de carga y la configuración de sus parámetros. Esto representa una integración rápida tipo "Plug & Play" que puede realizarse durante un fin de semana sin generar un solo día de paro productivo. Además, esta pequeña inversión se justifica por sí sola, ya que es el paso técnico obligatorio para poder encender y utilizar de forma rentable las otras cinco planchas térmicas que actualmente se encuentran subutilizadas.

Por otro lado, la incorporación de la máquina de inspección de tela, como el modelo Rexel PP-3S o similar, presenta una viabilidad de nivel medio-alto. Su costo referencial se estima entre los 55,000 y 85,000 pesos mexicanos, un monto que no es exacto y variará dependiendo de los costos de importación, aranceles y la cotización final del distribuidor. A

nivel puramente técnico, la instalación del equipo es sumamente sencilla al operar con una alimentación eléctrica estándar de 230 voltios, y su uso requiere una curva de aprendizaje mínima para el operador. Sin embargo, su implementación global exige considerar dos factores clave: la necesidad de asignarle un espacio físico fijo dentro del área de almacén o corte, y el requerimiento de una inyección de capital inicial más considerable. A pesar de esto, la viabilidad financiera de la máquina quedará demostrada a mediano plazo, una vez que la dirección de la empresa cruce este costo de adquisición contra la cuantificación del "Costo de No Calidad". Es decir, la inversión cobrará sentido al calcular todo el dinero que la maquiladora dejará de perder anualmente al evitar el desperdicio de horas de trabajo, energía eléctrica de las planchas y tinta plastisol en prendas que los clientes terminan rechazando por defectos de fábrica en la tela.

1.4 4. Eje Legal y Organizacional

El presente eje analiza la gestión del capital humano y el marco jurídico que rige a la organización, identificando las brechas entre las prácticas actuales y las exigencias de la legislación mexicana. Para asegurar la sostenibilidad operativa y mitigar riesgos financieros derivados de posibles sanciones, es imperativo transitar hacia un modelo de gestión administrativa formal que otorgue certidumbre jurídica tanto a la empresa como a sus colaboradores.

1.4.1 Diagnóstico de la gestión administrativa y relación laboral

Dan Eli del Caribe opera plenamente dentro del sector privado, enfocando su actividad en la manufactura textil. En la actualidad, la principal vulnerabilidad organizativa radica en la falta de formalización de la relación laboral. Aunque en el pasado se implementó el uso de contratos por escrito durante un breve periodo de tres meses, la práctica vigente se limita a acuerdos verbales tras la entrevista inicial. Esta carencia de documentos legales no solo vulnera la certidumbre administrativa, sino que deja a la organización sin una base

sólida para la defensa ante posibles controversias legales o auditorías de las autoridades del trabajo.

1.4.2 Análisis de prestaciones y beneficios al trabajador

En lo que respecta al cumplimiento de las prestaciones de ley, la empresa demuestra una voluntad de apego normativo, aunque con particularidades operativas. El derecho a las vacaciones se genera conforme a la Ley Federal del Trabajo al cumplir el primer año de antigüedad, permitiendo que el colaborador fraccione su periodo de forma progresiva, bajo la facultad de la empresa para determinar las fechas de disfrute. En cuanto a las compensaciones anuales, se cumple con el pago del aguinaldo otorgando el 25% correspondiente al momento de la liquidación, y se realiza el reparto de utilidades (PTU) de manera estricta cuando la empresa genera ganancias. Cabe destacar una práctica atípica en la que se otorga la prima dominical de forma regular, a pesar de que la jornada semanal establecida comprende únicamente de lunes a viernes, lo que representa un beneficio superior a la ley para el personal.

1.4.3 Evaluación de riesgos en seguridad social y desvinculación

Un punto crítico para la estabilidad financiera de Dan Eli del Caribe es el manejo de las obligaciones ante el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). Si bien los trabajadores son afiliados a dicha institución, el proceso de alta presenta un desfase de aproximadamente un mes tras el ingreso del colaborador. Este retraso constituye un incumplimiento directo al artículo 15 de la Ley del Seguro Social, exponiendo a la empresa a multas onerosas y al pago de capitales constitutivos en caso de accidentes de trabajo durante ese periodo de desprotección. Esta falta de control se extiende a la terminación de la relación laboral, donde la ausencia de procedimientos documentados y de un registro histórico de bajas impide generar una memoria institucional que ayude a prevenir conflictos legales futuros.

1.4.4 Entorno sindical y servicios adicionales

Finalmente, el clima organizacional se caracteriza por una relación directa con el patrón, al no existir actualmente una organización sindical ni otras formas de representación colectiva dentro de la planta. Como parte de sus estrategias informales de retención de talento, la empresa facilita el traslado de colaboradores provenientes de las localidades de Chicxulub, Conkal, Sitpach y Cholul. No obstante, este servicio de transporte es operado por un familiar del empleador sin una estructura formal de gestión, lo que refuerza la necesidad de profesionalizar todas las áreas administrativas para alinearlas con el crecimiento y la automatización que el Plan Maestro propone para el resto de la organización.

1.5 Eje de Gestión del Proyecto

Este eje detalla la metodología de administración aplicada durante los meses de consultoría en Dan Eli del Caribe, demostrando cómo se estructuraron los tiempos, se delimitaron las responsabilidades de los ocho integrantes del equipo y se midió el progreso real frente a la línea base. El objetivo de esta rigurosa gestión fue asegurar que el diagnóstico, el diseño de soluciones y la entrega final ocurrieran dentro de los plazos académicos y operativos exigidos.

1.5.1 Comparativa contra el cronograma

Para este proyecto, el equipo estableció una línea base operativa de cuatro meses, abarcando desde la primera inmersión en planta el 17 de febrero de 2026, hasta la entrega final programada para el 14 de junio del mismo año. A lo largo de este periodo, la ejecución de las actividades se ha apegado rigurosamente a una metodología secuencial. Durante las primeras semanas, los esfuerzos se concentraron en el levantamiento físico, logrando concretar la toma de tiempos y movimientos a finales de febrero y culminando con la

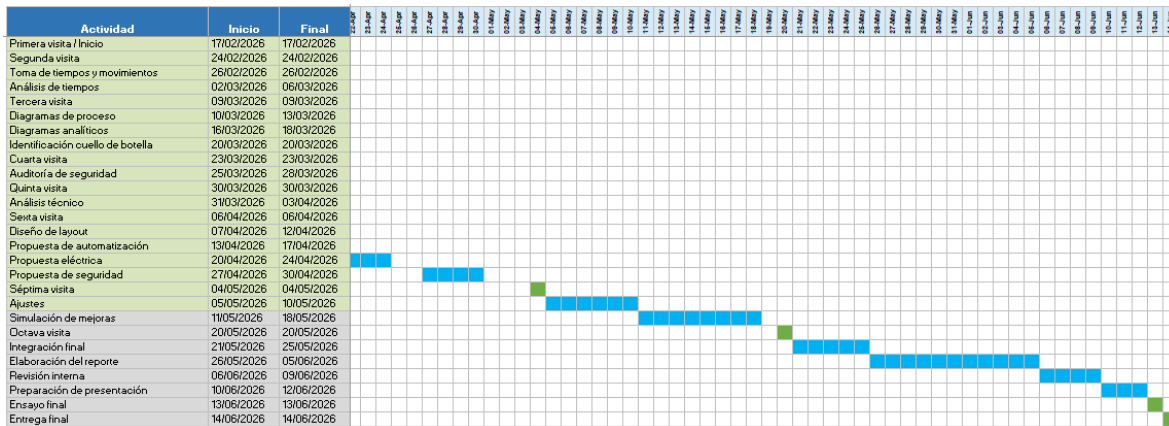
identificación matemática del cuello de botella el 20 de marzo. Esto proporcionó los cimientos para las siguientes fases de análisis.

El valor real de la gestión del cronograma no solo radicó en cumplir fechas, sino en la capacidad de respuesta del equipo ante los hallazgos en campo. Al descubrir que la restricción del sistema no era puramente mecánica, sino que dependía de una deficiencia crítica en la infraestructura, el equipo logró adaptar sus semanas de trabajo. Se aprovechó estratégicamente el bloque de la segunda quincena de abril para diseñar de manera paralela la propuesta de automatización, la propuesta de normalización eléctrica y los protocolos de seguridad industrial, logrando cumplir con estas entregas sin generar un desfase en el calendario general.

Al día de hoy, en pleno mes de mayo, el proyecto refleja un estado de salud óptimo en sus tiempos. Tras haber superado la séptima visita a planta, el equipo se encuentra ejecutando puntualmente la fase de simulación de mejoras y afinación de ajustes técnicos. Esta estricta adherencia a la planeación garantiza que el tiempo restante se invertirá exclusivamente en la octava visita de validación, la integración de resultados y la elaboración del reporte, asegurando que la gerencia de Dan Eli del Caribe reciba un Plan Maestro accionable exactamente en la fecha estipulada de cierre.

Figura 6

Cronograma de actividades



1.5.2 Gestión del equipo

Dada la naturaleza multidisciplinaria del proyecto y la extensión de las áreas a auditar, fue indispensable establecer una división de trabajo altamente estructurada. Bajo el liderazgo de la dirección del proyecto, el equipo de ocho ingenieros en formación implementó una Matriz RACI para evitar la duplicidad de funciones y garantizar la rendición de cuentas. Esta herramienta permitió asignar de forma transparente quién sería el "responsable" de ejecutar tareas críticas, quién fungiría como "Aprobador" de los entregables, y quiénes debían ser "Consultados" o simplemente "Informados". Por ejemplo, tareas de alta especialidad como el estudio de capacidades eléctricas, el etiquetado de sustancias químicas (SGA), la auditoría de equipos de protección personal y la planeación para instalar el variador de frecuencia, tuvieron responsables directos asignados. Esta organización no solo optimizó el tiempo de recolección de datos en la maquiladora, sino que fomentó un ambiente de trabajo colaborativo y profesional ante los ojos del cliente.

Tabla 5

Matriz RACI del equipo

Actividad	Líder (Patricio)	Analistas (Fernando/Marco)	Operativos (Reyna/Mauro)	Facilitadores (Angélica/Humberto/Miguel)
Estudio Eléctrico	A	C	R	I
Etiquetado SGA	I	I	R	A
Instalación Variador	A	R	C	R
Auditoría EPP	C	I	R	A

Tabla 6

Interpretación de matriz RACI

Estudio Eléctrico	Patricio aprueba la propuesta técnica; Reyna y Mauro son los responsables del levantamiento en campo; Fernando y Marco son consultados por su análisis técnico.
Etiquetado SGA	Reyna y Mauro ejecutan el etiquetado; los Facilitadores aprueban la adecuación al sistema.
Instalación Variador	Fernando y Marco son los responsables técnicos; Patricio aprueba; Reyna y Mauro apoyan en campo como segundo equipo responsable.
Auditoría EPP	Reyna y Mauro ejecutan la auditoría en planta; los Facilitadores aprueban los hallazgos y el informe final.

1.5.3 Avance real del proyecto

En términos de validación con la empresa, se ha completado y aceptado al cien por ciento el diagnóstico de la situación actual (AS-IS), demostrando con estudios de tiempos que el cuello de botella real reside en la desarticulación del área de secado y planchado debido a limitaciones eléctricas, descartando suposiciones iniciales sobre otras áreas. Asimismo, se han validado las auditorías normativas que exponen las vulnerabilidades legales frente a la STPS. Actualmente, el avance real se enfoca en la etapa de desarrollo y cierre (TO-BE); el equipo se encuentra afinando la cuantificación económica de los ahorros proyectados, esperando la recepción de las cotizaciones formales tanto del variador de

frecuencia como de la máquina de inspección de tela, y consolidando los modelos visuales del nuevo layout. Estos últimos pasos aseguran que el entregable final no sea solo un diagnóstico, sino un plan maestro de automatización completamente accionable para la gerencia de Dan Eli del Caribe.

1.6 Eje de Propuesta Preliminar (TO-BE)

El diseño del escenario futuro para Dan Eli del Caribe se fundamenta en la transición hacia un sistema de manufactura balanceado, tecnológicamente flexible y normativamente robusto. A continuación, se detallan las soluciones propuestas que integran el plan maestro de mejora.

1.6.1 Normalización Eléctrica e Integración de Maquinaria de Planchado

La primera solución consiste en la normalización de la infraestructura eléctrica mediante la instalación de centros de carga estandarizados. Esta adecuación técnica es el paso habilitador para realizar la transición de una sola plancha operativa a la instalación e integración funcional de las seis planchas térmicas disponibles en la planta. Las métricas involucradas para esta propuesta se centran en el porcentaje de utilización de los activos y la capacidad de respuesta de la estación de calor. Con esto se resuelve la problemática de subutilización de la maquinaria instalada y el cuello de botella generado por la limitación eléctrica actual. La mejora generada se traduce en un incremento directo de la productividad del área, permitiendo capitalizar al cien por ciento la inversión previa realizada en equipo.

1.6.2 Semi-automatización de la Banda Transportadora mediante VFD

Esta propuesta contempla la instalación de un variador de frecuencia (VFD) para controlar el motor Siemens trifásico de 0.25 caballos de fuerza de la banda transportadora. La métrica principal para evaluar esta solución es el tiempo de ciclo de la banda y su tasa de sincronización con las estaciones adyacentes. Actualmente, la banda opera a una

velocidad fija que no coincide con el ritmo de impresión ni de planchado, provocando una ineficiencia de flujo tipo "push". Al implementar este controlador, se resuelve el desbalance de línea al permitir que el tiempo de presecado se ajuste exactamente al ritmo de procesamiento de las planchas. Esta mejora optimiza los tiempos de proceso y reduce drásticamente el inventario en espera entre estaciones.

1.6.3 Implementación de Sistema Mecanizado de Inspección de Tela

La solución para el aseguramiento de la materia prima consiste en integrar una máquina de inspección y medición textil, tomando como referencia el modelo Rexel PP-3S. Las métricas para esta propuesta incluyen la tasa de detección de defectos de origen y la precisión en el metraje de los rollos. Esta tecnología resuelve la problemática de procesar telas con defectos de fábrica que pasan desapercibidos bajo la inspección visual empírica actual. La mejora generada es económica y operativa, ya que evita el desperdicio de insumos costosos como la tinta plastisol y el consumo energético de 3,500 Watts por plancha en productos que terminarían siendo rechazados por el cliente final.

1.6.4 Sistema Integral de Gestión de Seguridad, Higiene y Normatividad

Como estrategia de blindaje legal, se propone la creación y aplicación del primer Manual de Seguridad e Higiene de la organización. Esta solución abarca la estandarización del uso de Equipo de Protección Personal bajo la NOM-017, el etiquetado de sustancias químicas según la NOM-018 y la señalización técnica de planta conforme a la NOM-026. La métrica crítica es el índice de cumplimiento normativo y el puntaje en auditorías de seguridad. Esta propuesta resuelve la vulnerabilidad financiera de la empresa, que actualmente presenta solo un 63.6% de cumplimiento en seguridad. La mejora resultante es una protección financiera sólida que elimina el riesgo de multas onerosas y profesionaliza la cultura laboral de Dan Eli del Caribe.

1.6.5 Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

Para monitorear el éxito de estas propuestas a largo plazo, se han definido los siguientes indicadores estratégicos.

Tabla 7

Índice de Cumplimiento de EPP y Señalética

Campo	Detalle
Indicador	Índice de Cumplimiento de EPP y Señalética
Situación actual	63.6% — 7 de 11 ítems auditados cumplen los requisitos
Fórmula de cálculo	$(\text{Ítems cumplidos} / \text{Total de ítems auditados}) \times 100$
Objetivo	100% — cumplimiento total de NOM-017, NOM-018 y NOM-026 STPS
Justificación	Evitar multas de la STPS, contingencias laborales y siniestros en planta. 4 hallazgos críticos activos (sandalias en área húmeda, falta de guantes térmicos).
Frecuencia de medición	Mensual — auditoría interna con checklist normalizado

Tabla 8

Tasa de Procesamiento en el Cuello de Botella

Campo	Detalle
Indicador	Tasa de Procesamiento en Cuello de Botella
Situación actual	Inferior a 180 piezas/hora — capacidad por debajo de la tasa de llegada del pulpo
Fórmula de cálculo	$\text{Piezas empaquetadas} / \text{Horas-hombre trabajadas}$
Objetivo	>180 piezas/hora — igualando la velocidad del pulpo de serigrafía para equilibrar la línea
Justificación	Eliminar el desbalance de línea causado por el flujo push. La acumulación de WIP en empaque es el síntoma principal de la restricción del sistema (TOC).
Frecuencia de medición	Semanal — registro por turno en el área de empaque

Tabla 9*Porcentaje de Utilización de Prensas de Calor*

Campo	Detalle
Indicador	Porcentaje de Utilización de Prensas de Calor
Situación actual	Por debajo del 85% — tiempos muertos por espera a que las prendas salgan del horno
Fórmula de cálculo	$(\text{Tiempo de operación real de las 6 planchas} / \text{Tiempo total disponible}) \times 100$
Objetivo	>85% de utilización — capitalizando la inversión realizada en los 6 equipos de planchado
Justificación	La instalación del variador de frecuencia sincronizará el ritmo de la banda con el de las planchas, eliminando los tiempos muertos actuales y maximizando el retorno sobre la inversión en maquinaria.
Frecuencia de medición	Diaria — hoja de registro por operador de planchado

Los tres indicadores forman un marco de medición integral que cubre las tres dimensiones críticas del proyecto: seguridad y cumplimiento normativo (Tabla 7), productividad del cuello de botella (Tabla 8) y aprovechamiento de activos instalados (Tabla 9). Su monitoreo sistemático permite verificar el avance de las mejoras de forma objetiva y tomar decisiones correctivas oportunas.

1.7 Proyección a Etapa Final

Para asegurar el cierre exitoso de la consultoría, el equipo ha delineado una ruta de trabajo estratégica hacia la conclusión del proyecto. Actualmente, las actividades críticas pendientes se centran en la consolidación financiera y visual de las propuestas preliminares. Esto incluye la recepción y análisis de las cotizaciones formales tanto del variador de frecuencia como de la máquina de inspección textil, así como la cuantificación económica exacta de las posibles multas de la STPS. Obtener estos datos es vital para calcular el retorno de inversión real y demostrar el nivel de protección financiera que obtendrá la empresa. A la par, el equipo se encuentra finalizando los modelos visuales del nuevo layout de la planta, los cuales ilustrarán la integración física y armónica de las seis planchas térmicas al flujo de la banda transportadora.

Durante esta recta final, se han identificado ciertos riesgos actuales que requieren un monitoreo constante para no comprometer los tiempos de entrega. El principal riesgo radica en posibles retrasos externos por parte de los proveedores de tecnología al emitir las fichas técnicas y presupuestos definitivos. Asimismo, existe el reto técnico de asegurar que la propuesta de normalización del centro de carga eléctrico sea validada detalladamente para soportar el consumo simultáneo de los nuevos equipos sin generar riesgos de sobrecarga. Como ajustes necesarios ante este panorama, el equipo mantendrá sesiones de retroalimentación ágil con la gerencia de Dan Eli del Caribe, asegurando que entregables como el manual de seguridad e higiene sean adaptados a la realidad de los operadores para evitar cualquier resistencia al cambio durante su futura implementación.

2 Anexos

2.1 Estudio de tiempos para estación de serigrafiado

CICLO	PROCESO	CALIF %	TIEMPO	TN
1	Colocar Camisa en pulpo	110%	8.37	9.207
1	Tintar	110%	33.415	36.7565
1	Colocar camisa en banda	110%	4.912	5.4032
2	Colocar Camisa en pulpo	110%	12.183	13.4013
2	Tintar	110%	40.975	45.0725
2	Colocar camisa en banda	110%	4.209	4.6299
3	Colocar Camisa en pulpo	110%	7.43	8.173
3	Tintar	110%	36.774	40.4514
3	Colocar camisa en banda	110%	6.277	6.9047
4	Colocar Camisa en pulpo	110%	11.519	12.6709
4	Tintar	110%	34.584	38.0424
4	Colocar camisa en banda	110%	4.626	5.0886
5	Colocar Camisa en pulpo	110%	6.156	6.7716
5	Tintar	110%	34.386	37.8246
5	Colocar camisa en banda	110%	3.872	4.2592
6	Colocar Camisa en pulpo	110%	4.61	5.071
6	Tintar	110%	38.154	41.9694
6	Colocar camisa en banda	110%	3.766	4.1426
7	Colocar Camisa en pulpo	110%	5.197	5.7167
7	Tintar	110%	33.029	36.3319
7	Colocar camisa en banda	110%	4.141	4.5551
8	Colocar Camisa en pulpo	110%	4.611	5.0721
8	Tintar	110%	34.173	37.5903
8	Colocar camisa en banda	110%	3.638	4.0018
9	Colocar Camisa en pulpo	110%	6.121	6.7331
9	Tintar	110%	32.352	35.5872
9	Colocar camisa en banda	110%	4.25	4.675
10	Colocar Camisa en pulpo	110%	12.736	14.0096
10	Tintar	110%	34.607	38.0677

10	Colocar camisa en banda	110%	5.279	5.8069
11	Colocar Camisa en pulpo	110%	6.345	6.9795
11	Tintar	110%	32.354	35.5894
11	Colocar camisa en banda	110%	4.236	4.6596