



www.relainep.ufpr.br

REVISTA LATINO-AMERICANA DE INOVAÇÃO E  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



# CAPACITY IMPROVEMENT AND PRODUCTION IN A WINDOW ASSEMBLY WORKSHOP THROUGH THE FACILITIES DEPLOYMENT

## MEJORAMIENTO DE CAPACIDAD Y PRODUCCIÓN EM UM TALLER DE ENSAMBLAJE DE VENTANAS A TRAVÉS DEL DESPLIEGUE DE FACILIDADES

Kiandra Rivera Avilés<sup>1</sup>, Gonzalo Figueroa Rodríguez<sup>1</sup>✉, Adriana Avilés Negroni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politecnica de Puerto Rico, San Juan, Puerto Rico, Estados Unidos

✉ [gonzalo.fr16@gmail.com](mailto:gonzalo.fr16@gmail.com)

Recibido: 23 noviembre 2019 / Aceito: 13 dezembro 2019 / Publicado: 17 dezembro 2019

**ABSTRACT.** To analyze the capacity problem in a window assembly line, the 24-step methodology presented by Meyers and Stephens (2013) was used. The purpose of the study was to increase the production capacity based on the deployment of the facility in order to improve the flow. In the same product analysis, demand, value chains were identified, the standard time of operations, the "takt time", the necessary machines, and a relationship analysis were proposed to propose improvements in the deployment of facilities. For the evaluated assembly line, a total of 1,152 combinations were identified, producing three types of main windows and it did not meet 67% of its daily production. The deployment of the facility was adjusted to the line based on the relationships identified in the value chains and the quantified ratio of them, reducing the distances by 40% and increasing the production capacity by 88.34%.

**Keywords:** Capacity Increase, Facility Deployment, Time Studies, Materials Management, Manufacturing, Flow Improvement, Station Relations.

**RESUMEN.** Para analizar el problema de capacidad en una la línea de ensamblaje de ventanas se utilizó la metodología de los 24 pasos presentada por Meyers y Stephens (2013). El propósito del estudio fue aumentar la capacidad de producción basado en el despliegue de la facilidad para así mejorar el flujo. En el mismo se realizaron análisis de producto, de demanda, se identificaron las cadenas de valor, se calculó el tiempo estándar de las operaciones, el "takt time", las máquinas necesarias, y un análisis de relaciones proponer mejoras de despliegue de facilidades. Para la línea de ensamblaje evaluada se identificaron un total de 1,152 combinaciones produciendo tres tipos de ventanas principales y el mismo no cumplía con un 67% de su producción diaria. El despliegue de la facilidad fue ajustado a la línea basado en las relaciones identificadas en las cadenas de valor y a la relación cuantificada de ellas, reduciendo las distancias en un 40% y aumentando la capacidad de producción por un 88.34%.

**Palabras Claves:** Aumento de Capacidad, Despliegue de Facilidades, Estudios de tiempo, Manejo de Materiales, Manufactura, Mejora de Flujo, Relaciones de Estaciones.



## 1 INTRODUCCIÓN

La búsqueda de hacer los procesos más eficientes tiene una misión más allá del beneficio económico, tiempo y espacio que puedan tener la compañía. Es una oportunidad de desarrollo económico y social, ya que garantizar que las metas diarias de producción sean cumplidas muestran un impacto dentro y fuera de la fábrica. Este proyecto se realizó en una fábrica de puertas y ventanas en donde se tuvo como meta mejorar la capacidad de una línea de ensamblajes de ventanas de guillotinas, a través del despliegue de facilidades. Evaluando el problema principal donde la línea no cumplía con su demanda en un 67% de las veces basados en su producción diaria.

Este escrito tiene el propósito de servir de guía para la aplicación de las herramientas de ingeniería industrial en un problema real, y así lo puedan utilizar de referencia en su vida académica y profesional.

## 2 MÉTODO

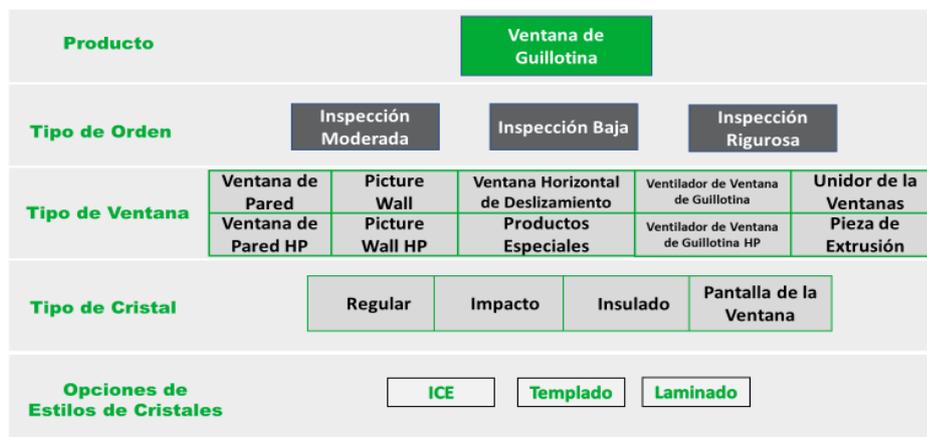
Para llevar a cabo este estudio se utilizó la Metodología de diseño de facilidades de manufactura que consta de 24 pasos (Stephens & Meyers, 2013). Estos 24 pasos se componen de análisis que van en un orden lógico, primero es conocer el de que se compone el producto en producción y para que se utiliza, las demandas de este, que partes se hacen dentro de la compañía y que partes se compran hechas. Luego documentar todos los detalles que están dentro de la línea y evaluar los pasos para la producción de las familias de productos en la línea, para así calcular los tiempos estándares y su “takt time”. Entonces se evalúa la cantidad de máquinas necesarias, se balancea teóricamente la línea y se evalúa el evaluar el flujo óptimo para así determinar las relaciones entre las actividades que se realizan dentro de la línea. Ya de aquí se crea el plano del despliegue actual y se documentan todas las necesidades del personal, de la facilidad y de las oficinas necesarias, y se evalúan opciones para mejorar el manejo de los materiales. Luego se desarrollan las propuestas de mejoras del despliegue, así presentarlo y buscar las aprobaciones necesarias para realizar el plan y la ejecución de este y medir el impacto financiero que tendría para la compañía.



### 3 RESULTADOS

En la fábrica de puertas y ventanas el grupo se enfocó en mejorar la línea de ensamblaje de ventana de guillotinas. En la misma se producen tres tipos de ventanas: una a prueba de impacto, una regular y de aislamiento. Para efectos de este proyecto solamente hubo enfoque en la producción de ventanas regulares y parcialmente en las de impacto (a prueba de huracanes). Estas ventanas están compuestas de cinco partes: Cabezal, Fondo, Jamba de derecha e izquierda, y el Fijador Central que permite que la ventana deslice con facilidad. La producción de ventanas tiene tres tipos de órdenes y cada uno se diferencia en base a la rigurosidad de sus inspecciones. Además, cada orden de ventanas tiene tres tipos de cristales en donde escoges una para instalar. El proceso se diseñó para que el cliente ordene la ventana a su gusto, donde se escogen las dimensiones, el tipo de cristal y tipo de ventana como muestra la Fig 1.

FIGURA 1 – DIAGRAMA DESCRIPTIVO DEL PRODUCTO BAJO ESTUDIO CON SUS TIPOS DE ORDENES (TRADUCIDO A NIVEL DE INSPECCIÓN), TIPO DE VENTANA, TIPO DE CRISTAL, Y OPCIONES DE ESTILOS DE CRISTALES



FUONTE: Propia (2019)

La línea tenía una producción que variaba desde 5 hasta 56 ventanas diarias (hay que tomar en consideración que el huracán María había pasado por Puerto Rico hacía un año y la isla estaba apenas volviendo a su ritmo normal) y cada semana tenían distintas metas que cumplir ya que no solo era la compañía reestructurarse, sino que sus productos eran vitales para la reconstrucción de viviendas dentro y fuera de Puerto Rico tras el paso de los distintos huracanes que ocurrieron en el mes de septiembre del 2017. En la Tabla I y Fig. 2 se muestran



los datos estadísticos de la demanda entre mayo y septiembre 2018.

TABLA 1 – ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LA DEMANDA DE LA LÍNEA CON SUS DOS PRODUCTOS PRINCIPALES

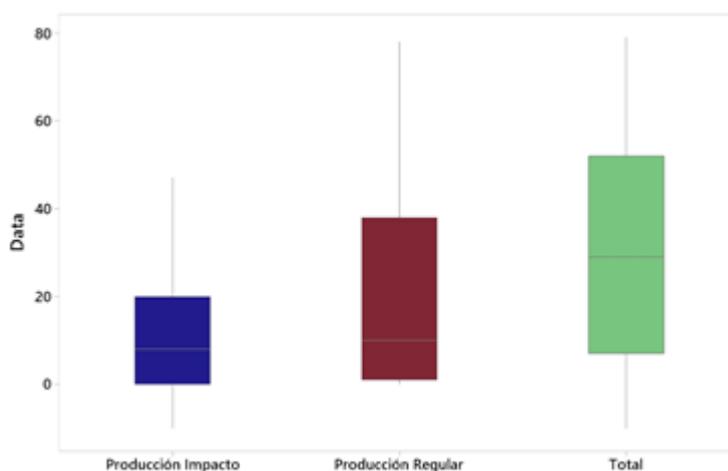
**Estadísticas**

Variable	Promedio	Desv. Est.	CoefVar	Mediana
Producción Impacto	11.03	11.77	106.73	8.00
Producción Regular	21.36	22.40	104.85	10.00
Total	32.39	25.66	79.20	29.00

FUONTE: Propia (2019)

Diariamente la línea produce 32.39 +/- 25.66 ventanas en donde tiende a ser producción de ventanas regulares, reflejado en los valores de la mediana con 10 ventanas y la de impacto con 8 ventanas. La Fig. 2 muestra la variación entre la producción de ambas ventanas, que nos está dejando saber que la producción de regular es la más inconsistentes de las dos.

FIGURA 1 – DIAGRAMA DE CAJA DE LA PRODUCCIÓN DIARIA DE VENTANAS DE IMPACTO, REGULAR Y LA SUMA DE LOS DOS (TOTAL). ESTOS DATOS SON DE MAYO A SEPTIEMBRE 2018.

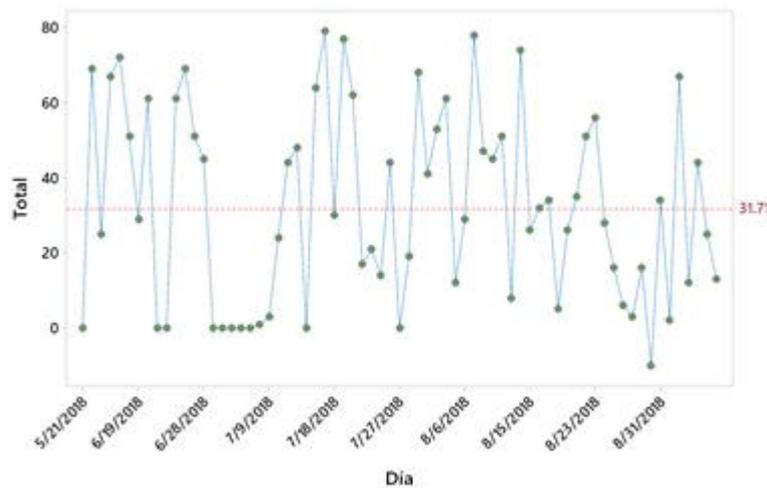


FUONTE: Propia (2019)

La figura 3 presenta la producción por día por los meses de mayo a septiembre 2018, se presentan puntos en la línea de 0 dejando saber que no había producción, es importante mencionar que para estas fechas todavía la recuperación de la isla estaba en proceso al igual que la habilitación del funcionamiento normal de los puertos, por lo que en ocasiones los materiales no llegaban a las fabricas a tiempo para producción (Véase Fig. 3).



FIGURA 2 – GRÁFICO DE TIEMPO DE PRODUCCIÓN TOTAL DIARIA DE VENTANAS REGULARES E IMPACTOS DE LOS MESES DE MAYO A SEPTIEMBRE 2018.



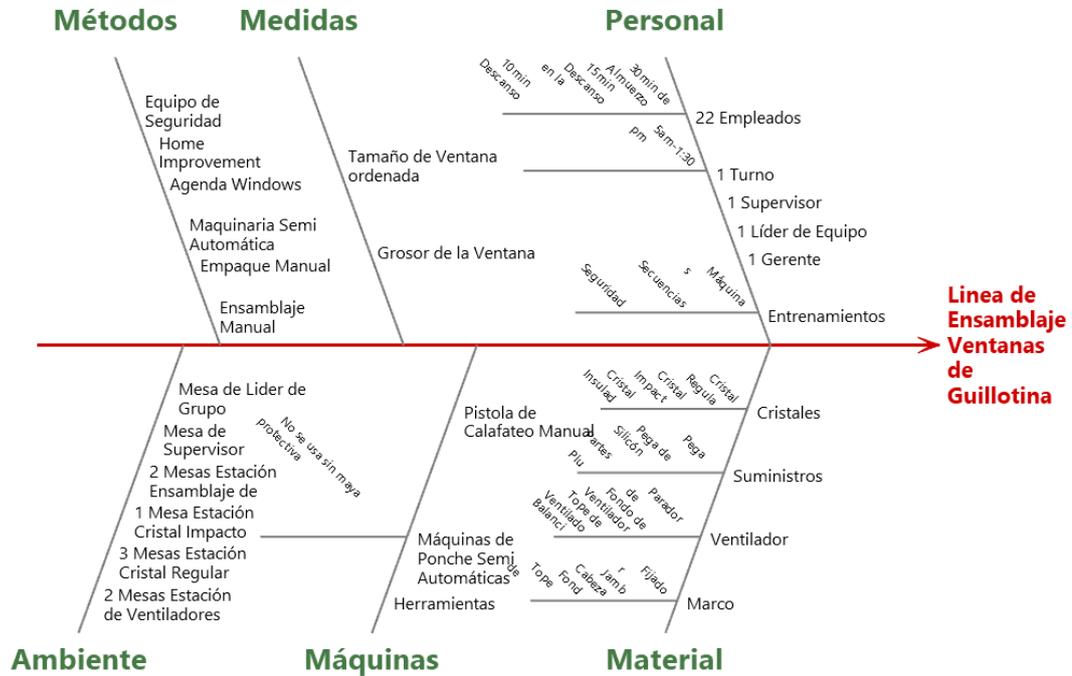
FUONTE: Propia (2019)

### 3.1 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DEL ÁREA Y LA CADENA DE VALORES DE LOS PRODUCTOS PRINCIPALES DENTRO DE LA LÍNEA

El siguiente paso del proyecto fue trabajar con la planificación del proyecto en donde se utilizó el método 6M de Causa y Efecto. Esta herramienta ayudó a mejor conocer el despliegue, el producto, las maquinarias, el personal y el ambiente. Estos factores se tomaron consideración para los siguientes pasos del proyecto. Al realizar el ejercicio, se logró tener un punto de referencia de información acerca de la línea. Como se muestra en la Fig. 4, tenían 22 empleados en la línea con un solo turno de ocho (8) horas. Las medidas del producto cambian basado en la orden del cliente con un proceso manual en su mayoría como se muestra en el área de Métodos. Era un ambiente ruidoso por las máquinas, pero también contaban con 8 mesas para distintos ensamblajes alrededor del proceso. Contaban con máquinas semiautomáticas que dependían de presión de aire para funcionar, lo que añadía un factor al despliegue de tener en consideración el cambiar las válvulas de lugar de ser necesario un cambio. Se trabajaba principalmente con pedazos de aluminio para la composición de la ventana, con pedazos de plástico y cristales.



FIGURA 3 – GRÁFICO DE ISHIKAWA PARA REPRESENTAR LOS DETALLES DE LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE (NO ES EN REFERENCIA A CAUSA Y EFECTO COMO PROBLEMA, ES PARA UN FIN DESCRIPTIVO).

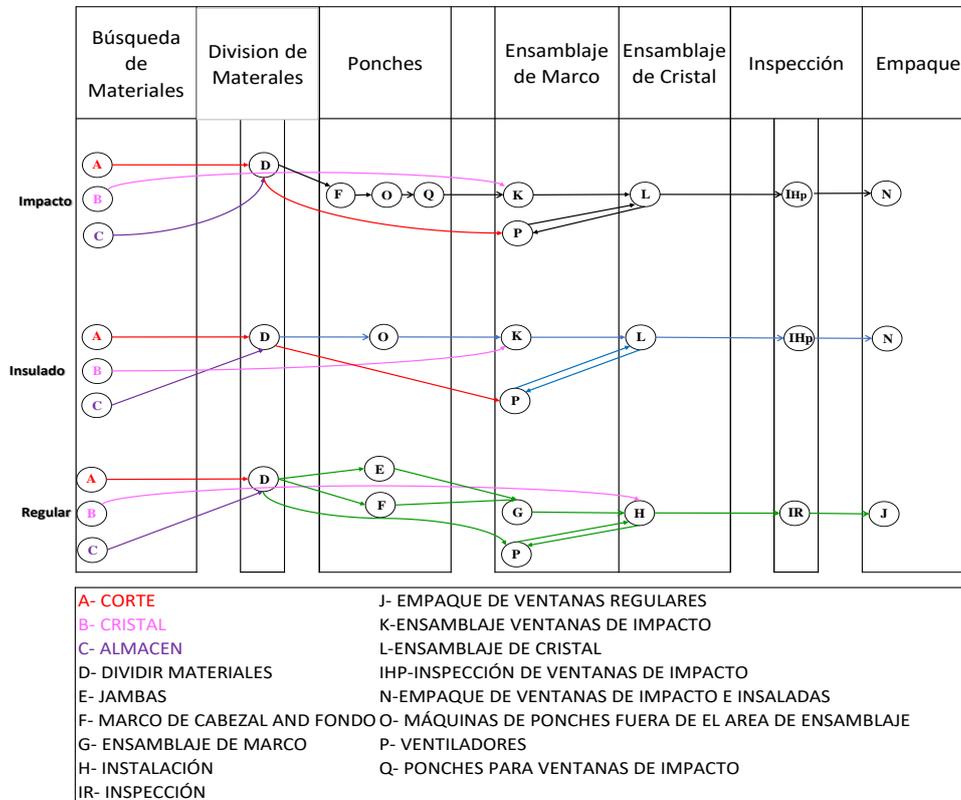


FUONTE: Propia (2019)

Lo próximo fue identificar la cadena de valor. Para esto utilizamos el diagrama de hilo. Como el proceso entre cada tipo de ventana es tan similar este diagrama ayuda a identificar las diferencias entre ellas en el proceso, en donde se encontró que los productos en la línea siguen el mismo orden de proceso (Se buscan los materiales, se segregan, se realizan ponches para poder ensamblar el marco, se ensambla el cristal, se inspecciona y se empaqa) pero se realiza en distintas estaciones alrededor de la línea (véase Fig. 5).



FIGURA 5 – ANÁLISIS DE CADENAS DE VALORES, IDENTIFICANDO LOS PASOS Y ESTACIONES EN LAS QUE PASA CADA UNO DE LOS PRODUCTOS EN LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE.

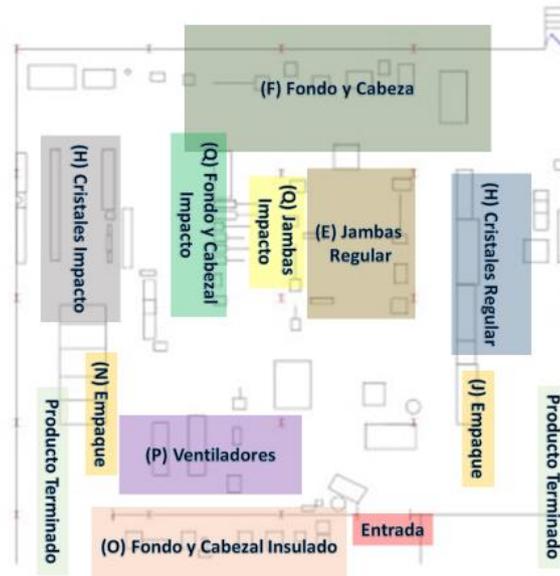


FUONTE: Propia (2019)

La línea de ensamblaje se divide en dos áreas: Regular e Impacto. Tienen el lado derecho de la línea para producir el producto regular y el lado izquierdo para producir impacto. En el centro y área norte tienen la maquinaria de ponches para jambas, fondo y cabezal de regular. Al lado derecho del área de ensamble de impacto también tienen los ponches para los productos de impacto y fuera de la línea se encuentran una maquinaria para hacer ponches en el caso de las ordenes de una ventana de aislamiento. Las Fig. 6 y 7 les muestra las estaciones y el flujo del producto en el proceso. Se utilizó las secuencias de la Fig 5 para el proceso en el plano.

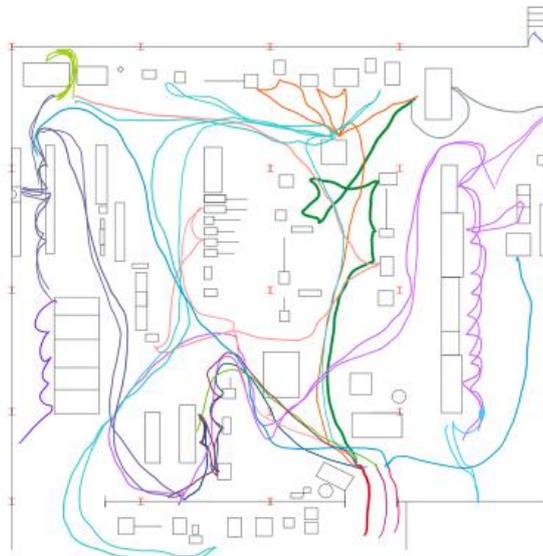


FIGURA 4 – PLANO DE LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE VENTANAS DE GUILLOTINA ESPECIFICANDO LAS ÁREAS DEL PROCESO UTILICE LA FIG. 5 PARA VER EL PROCESO DE CADA PRODUCTO.



FUONTE: Propia (2019)

FIGURA 5 - PLANO DE LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE VENTANA DE GUILLOTINA CON EL FLUJO DEL PROCESO ILUSTRADO CON UN DIAGRAMA DE ESPAGUETI.



FUONTE: Propia (2019)



### 3.2 ESTUDIO DE TIEMPO

Luego de estos análisis, se comenzó un estudio de tiempo para conocer el tiempo estándar del proceso. Se calculó el tiempo de producción de una orden de ventanas regulares con inspección baja la cual corrió por ambas estaciones dentro de la línea (impacto y regular). Esto debido a que si no hay producción de impacto ese lado de la línea apoya la producción de regular por su lado.

Se enumeró el orden del proceso por estaciones, luego cada miembro del equipo se dividió las estaciones para enumerar cada paso que tenía esa estación. De esa manera, y con la ayuda de la aplicación WorkStudy6+(Quetech Ltd, n.d.), se realizó el estudio de tiempo. Esta aplicación nos permite crear botones cada paso del proceso para así tomar los tiempos de cada uno. La siguiente imagen es un ejemplo de cómo funciona la aplicación, se tomó de la página web de la compañía Quetech, quienes crearon la aplicación.

FIGURA 6 - EJEMPLO DE CÓMO SE UTILIZÓ LA APLICACIÓN WORKSTUDY6+



FUONTE: Quetech Ltd (n.d)

Una vez terminado el estudio de tiempo, se envió el documento de la aplicación a su página web para ser convertido a un documento de Excel y utilizar esa información para el análisis.



Para calcular el tiempo estándar se tomaron los datos anteriores, para luego calcular el tiempo normal del proceso basándose en un factor de ritmo, utilizando el método de Westinghouse, y calculando una compensación a través de la metodología de OIT. La Tabla II muestra los valores del proceso.

$$\text{Tiempo Normal} = \text{Tiempo Observado} \times \text{Factor de Ritmo}$$

$$\text{Tiempo Estándar} = \text{Tiempo Normal} / (1 - \text{compensaciones})$$

TABLA 2– CÁLCULO DEL TIEMPO ESTÁNDAR DEL PROCESO DE ENSAMBLAJE DE UNA VENTANA REGULAR DE GUILLOTINA A TRAVÉS DE LAS ESTACIONES DE ENSAMBLAJE REGULAR E IMPACTO

Estación	Tiempo Observado (Min)	Factor de Ritmo	Tiempo Normal (Min)	Compensación	Tiempo Estandar
Cristales Regular	3.92	1.24	4.86	0.335	7.31
Cristales Impacto	3.47	1.3	4.51	0.345	6.88
Ventiladores Ponche	0.43	1.26	0.54	0.295	0.77
Ventiladores Ensamble	2.65	1.26	3.33	0.305	4.80
Empaque	3.41	1.19	4.05	0.325	6.01
Jamba	0.99	1.26	1.24	0.295	1.76
Cabezal y Fondo	0.46	1.28	0.59	0.315	0.86
Ensamble de Marco Regular	3.15	1.19	3.75	0.325	3.27

FUONTE: Propia (2019)

### 3.3 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DEL PROCESO

El tiempo takt del proceso es de 4.77 minutos por ventanas. Este valor es el resultado del tiempo disponible entre la demanda.

$$\text{Tiempo Takt} = \text{Tiempo Disponible} / \text{Demanda}$$

$$\text{Tiempo Takt} = (480 \text{ minutos} - 60 \text{ minutos}) / 88 \text{ ventanas} = 4.77 \text{ minutos} / \text{ventanas}$$

De acuerdo con este valor y los tiempos estándares del proceso se realizó un balanceo de línea para identificar las operaciones que tardan más de 4.77 minutos. Las limitaciones y el



cuello de botella fueron producir ventanas regular, ventanas regular que pasan por el área de impacto, empaque y ensamblaje de marco regular como se muestra en la Fig. 9.

FIGURA 7 - TIEMPOS ESTÁNDARES DE CADA ESTACIÓN DE LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE COMPARADA CON SU TIEMPO TAKT (4.77) MOSTRANDO LOS VALORES QUE SOBREPASAN ESE TIEMPO.



FUENTE: Propia (2019)

La meta es que cada estación del proceso tarde menos del tiempo takt para garantizar que la producción sea eficiente. La grafica muestra que la estación de cristales regulares, cristales de impacto, empaque ensamble de ventilador y ensamblaje de marco regular están fuera del takt time. La mejor manera de eliminar las limitaciones y los cuellos de botellas es haciendo un balanceo de línea, en donde tomando en consideración todos los pasos individuales y los tiempos de esos pasos (los cuales fueron calculados) se va distribuyendo las tareas en otras estaciones. Se tuvo que añadir una estación para ensamblaje de cristal regular e impacto, yensamblaje de ventilador. En la Fig. 10 podrá ver una comparación de las estaciones adicionales necesarias para poder cumplir con el tiempo takt.



FIGURA 8 - LÍNEA BALANCEADA PARA CUMPLIR CON EL TIEMPO TAKT.



FUONTE: Propia (2019)

### 3.4 RELACIONES ENTRE ESTACIONES

Para saber las relaciones y la criticidad de la cercanía de distintas estaciones se realizó un análisis de Flujo x Distancia x Costo utilizando la herramienta “From-to Chart” traducido literal al español como Diagrama Desde-Hasta. La Fig. 11 muestra la relación entre cada una de las estaciones.

Esto cuantifica el valor del flujo desarrollando una perspectiva de la criticidad de cuán importante es la cercanía cada estación. Se lee de la fila hacia la letra de la columna que represente la estación a la cual se está dirigiendo.

FIGURA 9 - DIAGRAMA DESDE-HASTA CON LA MULTIPLICACIÓN DEL FLUJO X DISTANCIA X COSTO

	B	C	N	P	Q	E	D	F	G	H	I	J	Costo Total del Despliegue
B		\$ 22,492.50	\$ 35,055.28	\$ 35,975.88	\$ 23,307.02	\$ 74,657.53			\$ 100,789.92	\$ 84,750.12			\$ 377,028.26
C							\$ 112,619.78						\$ 112,619.78
N								\$ 37,897.60					\$ 37,897.60
P							\$ 27,468.24						\$ 27,468.24
Q								\$ 26,705.97					\$ 26,705.97
E									\$ 30,939.16	\$ 19,796.55			\$ 50,735.71
D									\$ 93,915.44				\$ 93,915.44
F										\$ 6,069.54			\$ 6,069.54
G											\$ 28,459.22		\$ 28,459.22
H												\$ 17,446.60	\$ 17,446.60
I													\$ -
J													\$ -
<b>Total</b>													\$ 778,346.36

FUONTE: Propia (2019)



Luego se desarrolló una tabla en donde se catalogaron unos intervalos para otorgar la criticidad de la relación utilizando el orden de las vocales. La A significa que existe una relación demasiado importante hasta la U que representa que no tiene importancia si están cerca o no. La Tabla III presenta estos intervalos de relaciones.

TABLA 3 - INTERVALO DE CRITICIDAD A SER COMPARADO CON EL DIAGRAMA DESDE-HASTA.

A	$x > 100,00$
E	$99,999 > x > 80,000$
I	$79,999 > x > 60,000$
O	$59,999 > x > 40,000$
U	$x < 39,000$

FUONTE: Propia (2019)

Al comparar los valores y evaluar el nivel de criticidad, se presentan los criterios para desarrollar una estructura del despliegue tomando en consideración que áreas son más importantes que estén juntos. La Fig. 12 muestra como estas relaciones se ven reflejadas en el Diagrama Desde-Hasta.

FIGURA 10 - DIAGRAMA DESDE-HASTA CON LOS VALORES DE CRITICIDAD INCORPORADOS EN EL MISMO.

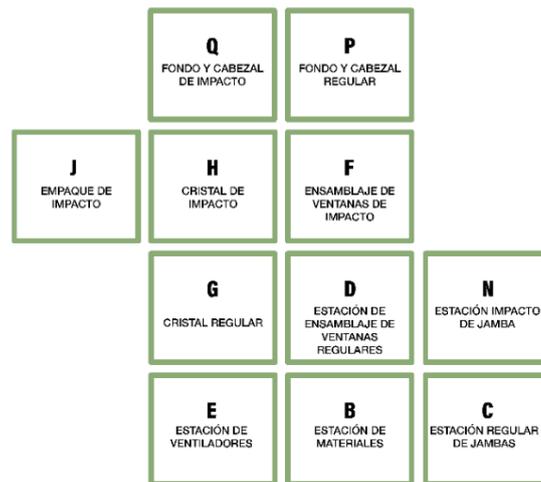
	B	C	N	P	Q	E	D	F	G	H	I	J
B	B	U	U	U	O	A			I	I		
C		C	U				O					
N			N	U				U				
P				P	U		U					
Q					Q	O		O				
E						E	U		O	U		
D							D	A				
F								F	A			
G									G	U		
H										H	U	
I											I	U
J												J

FUONTE: Figueroa Rodríguez (2018)

Los valores que compartan la letra A, por obligación, tiene que estar adyacentes. Los que tuvieron la letra O y U, no tienen una importancia mayor ya que el flujo entre ellos es mínimo. Lo cual lleva a desarrollar un diagrama de bloque (véase Fig. 13) que nos da una ilustración de las áreas que necesitamos tener cerca y no perderlo de perspectiva al momento de diseñar las propuestas de mejora.



FIGURA 11 - DIAGRAMA DE BLOQUE DE LA CERCANÍA DE LAS ESTACIONES DE LA LÍNEA.



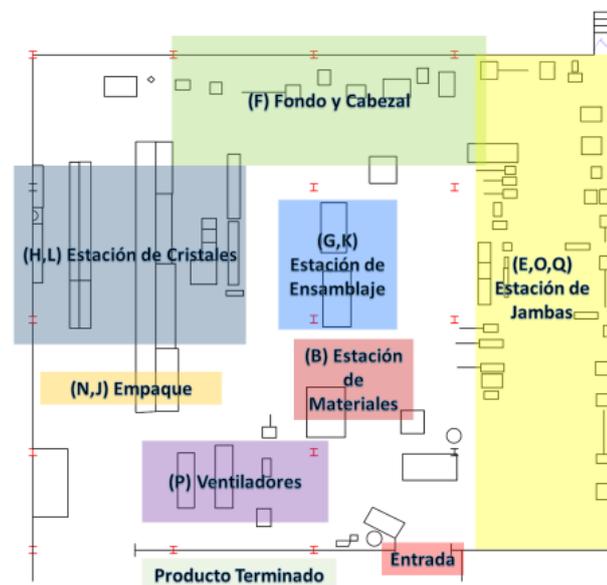
FUENTE: Propia (2019)

## 4 DISCUSIÓN

### 4.1 PROPUESTA DEL DESPLIEGUE DE LA FACILIDAD

Considerando los tiempos estándares, balanceo de la línea, las cadenas de valor y los requerimientos de la facilidad en las relaciones de las estaciones (ofrecido por el diagrama de bloque) se desarrolló la siguiente propuesta de despliegue presentada en la Fig. 14.

FIGURA 12 - DESPLIEGUE DE LA FACILIDAD DE LA LÍNEA DE ENSAMBLAJE DE LA VENTANA DE GUILLOTINA SUGERIDA.



FUENTE: Propia (2019)



La lógica detrás de este despliegue es crear unidad entre las estaciones, la realidad es que cuando solo hay producción regular se pasa el producto por la estación de impacto también y viceversa. De esa manera se juntas todas las áreas que son similares en el proceso para que los empleados estén mejor distribuidos y el proceso fluya casi como una línea. Se especifica el casi ya que, a las estaciones de jambas, fondo y cabezal, y ventiladores tener maquinaria de ponches se agruparon de manera que fueran lo más parecido a una célula de manufactura. Teniendo así la maquinaria necesaria para sus funciones en la misma zona y ubicadas de tal manera que al producir regular o impacto las maquinas estén en el orden que necesita. Este detalle contribuyó a que el flujo mejorara de la siguiente manera en una diferencia de un 28% en sus distancias recorridas entre estaciones.

La Tabla 4 muestra la comparación entre el despliegue actual y las mejoras que tendrían con el despliegue sugerido mostrando una reducción de 28% en las distancias.

TABLA 4 - COMPARACIÓN DE MEJORAS EN DISTANCIA ENTRE EL DESPLIEGUE ACTUAL Y EL SUGERIDO

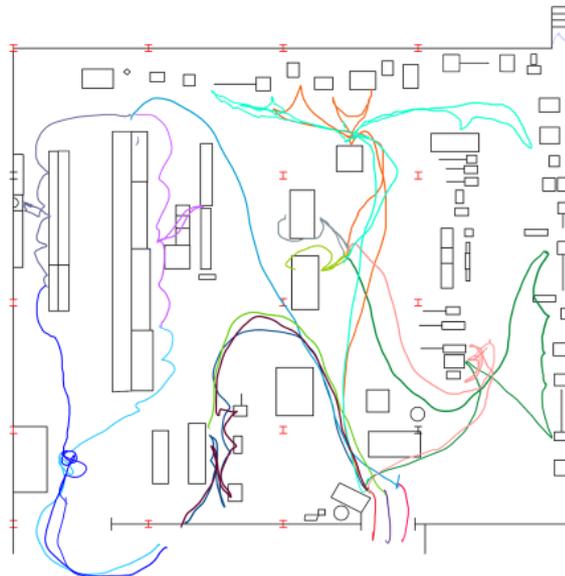
Estaciones	Actual (pies)	Suggested (pies)	Distancia
Jambas	153	67.36	78%
Cabezal y Fondo	103.6	103.6	0%
Ventiladores	99	99	0%
Jamba Impacto	153	66	79%
Cabezal y Fondo Impacto	295	132.5	76%
Ventiladores de Impacto	99	99	0%
Cristales Regulares	253	173	38%
Cristales Impacto	137	171	-22%
Empaque Regular	18	43	-82%
Empaque Impacto	12	43	-113%
Total	1322.6	997.46	28%

FUONTE: Propia (2019)

Al realizar esta mejora el flujo en la línea mejora donde cada estación al momento de transportar los materiales cruzan menos por lo que los caminos estan libres para el flujo de materiales. La Fig. 15 muestra la mejora en el flujo del proceso de la línea, la cual fue impactada grandemente al unir las estaciones similares donde las areas en las que tiene que pasar cada operador no cruzan.



FIGURA 13 - FLUJO DEL PRODUCTO EN EL DESPLIEGUE DE LA FACILIDAD SUGERIDA.



FUENTE: Propia (2019)

Con esta mejora no importa lo que produzcan va a seguir el mismo orden cada producto, diferenciado en la máquina que necesite en cada estación que ya están todas ubicadas en un mismo sitio. Esto tendría una diferencia porcentual de la producción diaria en un 123% y una reducción del 40% de las distancias recorridas. La Tabla 5 muestra la capacidad calculada para cada una de las estaciones con este nuevo proceso.

TABLA 5 - COMPARACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DIARIA ENTRE EL MÉTODO ACTUAL Y EL SUGERIDO

Estación	Producción	Producción sin Variación	Nuevo Despliegue
Cristales Regular	57.46	33.15	66.29
Cristales Impacto	61.03	54.27	108.55
Ventiladores Ponche	547.57	547.57	547.57
Ventiladores Ensamble	175.09	162.59	162.59
Empaque	69.94	67.04	134.08
Jambas	238.23	238.23	238.23
Cabezal y Fondo	485.85	280.27	280.27
Ensamble de Marco Regular	128.44	117.89	235.78

FUENTE: Propia (2019)



Finalmente, se hizo un análisis financiero y una tabla que demuestra las distancias recorridas (en metros) en el despliegue actual y sugerido. Esto ayudó a poder mejor demostrar visualmente el impacto, no solo en distancias sino en valores económicos que tendrá la compañía al implementar los cambios. En la Tabla 6 se muestra una oportunidad de aumento en las ganancias diarias de un 84% al aumentar la capacidad de producción diaria.

TABLA 6- ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS GANANCIAS DIARIAS ENTRE EL DESPLIEGUE ACTUAL Y EL SUGERIDO

	Actual	Sugerido		Actual	Sugerido
Precio de Venta Promedio	\$200.00	\$200.00	Ingresos	\$6,478.26	\$26,800.00
Costo de Material	\$126.64	\$126.64	Gastos	\$5,494.01	\$18,361.67
Costo de labor por día x unidades producida	\$42.97	\$10.39			
Producción Diaria	32.39	134	Ganancias	\$984.25	\$8,438.33

FUENTE: Propia (2019)

Las propuestas de mejoras presentadas en este estudio aún están en proceso de evaluación por la fábrica para fines de implantación.

## 5 CONCLUSIÓN

La estructuración del análisis del problema en este estudio fue fundamental para entenderlo, analizarlo, recolectar los datos y proponer las mejoras. Así como evaluar las distintas áreas del proceso ayudo a tomar decisiones basado en datos y no percepciones. Las herramientas que más contribuyeron a la decisión de la propuesta final fue el análisis de la cadena de valor, el balanceo y las relaciones entre estaciones. En la cadena de valor se identificó que los productos producidos en la línea seguían el mismo proceso, pero en distintas estaciones, el balanceo mostraba la necesidad de añadir estaciones y equilibrar el trabajo para cumplir con la demanda y las relaciones entre las estaciones nos dio la imagen clara de cuales estaciones debían estar cerca basado en la cantidad de flujo que hay entre ellas. Así se tomó la decisión de presentarle a la compañía la propuesta de ese nuevo despliegue, con las evaluaciones de sus mejoras y oportunidades de capacidad.



www.relainep.ufpr.br



## AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen las contribuciones de toda la facultad del Departamento de Ingeniería Industrial y Sistemas de la Universidad Politécnica de Puerto Rico. Ellos son: Luis Olivares, Carlos Pons, Circe Niezen, María Garcia, José A. Morales, Ricardo Suarez, Christian Pagán y Miriam Pabón, ya que cada uno de ellos nos ha aportado conocimientos, prácticas, experiencias y retos que han llevado a que este proyecto se haya logrado con tan excelente ejecución. Además, se le extiende un agradecimiento a la compañía que permitió a los autores realizar su estudio en una de sus líneas.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Adriana Aviles Negroni, Kiandra Rivera Aviles y Gonzalo Figueroa Rodríguez trabajaron en toda la elaboración del proyecto, los analisis presentados, en el escrito final y en las bibliografias.

## REFERENCIAS

- QUETECH LTD. (n.d.). **Work Measurement Software for iOS, Android, PC & Web** -Quetech Ltd. Retrieved August 8, 2019, from <https://www.quetech.com/>
- STEPHENS, M. P., & Meyers, F. E. (2013). **Manufacturing Facilities: Design & Material Handling** (5th ed.). Pearson Education, Inc.