

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA DE COSTA RICA

Ingeniería Industrial

Rediseño de la nueva línea de Constellation en CER-5, de Boston Scientific,  
Costa Rica, para aumentar la capacidad productiva, de enero a marzo de 2017

Informe final para optar por el grado académico  
de Bachillerato en Ingeniería Industrial

Uriel Manuel Lobo Barquero

Mayo, 2017

Heredia

---

## **I. Índice**

Capítulo 1 Introducción.....	7
1.1 Antecedentes del problema.....	8
1.1.1 Justificación.....	11
1.1.2 Pertinencia diacrónica.....	11
1.1.3 Importancia.....	12
1.1.4 Novedad/Originalidad.....	13
1.1.5 Aporte al campo de estudio.....	14
1.1.6 Impacto positivo.....	14
1.2 Formulación del proyecto.....	15
1.3 Objetivos del proyecto.....	15
1.3.1    Objetivos generales.....	15
1.3.2    Objetivos específicos.....	15
1.3.4    Alcances.....	16
1.3.5    Limitaciones.....	16
Capítulo 2 Marco Teórico.....	16
2.1 Reseña de la organización.....	16
2.1.1    Antecedentes de la empresa.....	16
2.1.2    Detalles del dispositivo de Constellation.....	18
2.1.3    Misión.....	19
2.1.4    Valores.....	19
2.1.5    Política de Calidad.....	20
2.2 Marco conceptual técnico.....	20
2.2.1    La Importante del rediseño de la línea de Constellation en Boston Scientific.....	20
2.2.2    La evaluación del estado actual de la línea de producción.....	21
2.2.3    La elaboración de un rediseño eficiente.....	22
2.2.4    Requerimientos de seguridad y regulatorio del rediseño.....	25
2.2.5    Los beneficios para la organización del rediseño.....	25
2.2.6    Uso de herramientas.....	26

Capítulo 3 Marco metodológico.....	28
3.1 Metodología del proyecto.....	28
3.2 Tipo de investigación.....	28
3.2.1 Finalidad .....	28
3.2.2 Dimensional.....	29
3.2.3 Marco .....	29
3.2.4 Condición en la que se hace .....	29
3.2.5 Carácter .....	29
3.2.6 Naturaleza .....	30
3.3 Sujetos .....	30
3.4 Fuentes de información .....	30
3.5 Técnicas e instrumentos para hacer trabajo de campo .....	31
Capítulo 4 Línea base y análisis de causa .....	32
4.1 Hallazgos encontrados en la línea actual Constellation en CER-5 Boston Scientific.....	32
4.2 Flujo actual de la línea de producción de Constellation. ....	37
4.3 Grafico del flujo del producto Constellation .....	38
4.4 Análisis de actividades operaciones duplicadas.....	39
4.5 Unión de procesos en misma operación.....	44
4.6 Cambio de ubicación y flujo del proceso con otras líneas .....	48
Capítulo 5 Diseño e implementación de la solución .....	54
5.1 Análisis e interpretación de datos.....	54
5.2 Estrategia de remoción de materia prima y herramientas .....	55
5.3 Estrategia de calibración de equipos. ....	56
5.4 Movimiento físico de la línea de producción. ....	58
5.5 Conexión de equipos y Post Calibración. ....	60
5.6 Estrategia de validación de equipos.....	62
5.7 Cotización de mano de obra y facilidades eléctricas. ....	64
5.7.1 Cotización número 1 .....	64
5.7.2 Cotización número 2 .....	65
5.7.3 Cotización número 3 .....	66
5.7 Beneficios del movimiento de línea .....	67
5.8.1 Reducción de transporte.....	67

5.8.2 Económico .....	67
5.9 Costos del movimiento.....	68
5.10 Flujo de la línea de Constellation después de la modificación .....	69
5.11 Estrategia del movimiento de línea de producción a nueva ubicación .....	71
5.12 Presentación a la gerencia .....	72
5.12.1 Puntos claves sugeridos por la gerencia de Boston Scientific:.....	72
Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones.....	75
6.1 Conclusiones.....	75
6.2 Recomendaciones .....	76
Bibliografía .....	78

## Indices de Figuras

Ilustración 1. Tabla de absorción económica del CER-5 en Boston Scientific Heredia Costa Rica Fuente Boston Scientific.....	10
Ilustración 2. Ilustración del dispositivo. Fuente: Boston Scientific.....	19
Ilustración 3. Plano de CER-5 Boston Scientific Fuente Boston Scientific.....	22
Ilustración 4. Plano CER-5 demarcado con operaciones Boston Scientific Fuente Elaboración propia .....	23
Ilustración 5. Plano final de CER-5 Boston Scientific Fuente: Elaboración propia .....	24
Ilustración 6. Plano ilustrado de una línea de requerimientos mínimos de espacio para una línea de producción según la NFPA 101 de seguridad humana. Fuente Código de seguridad humana NFPA 101.....	25
Ilustración 7. Diagrama causa y efecto para el movimiento de línea Boston Scientific. Fuente Boston Scientific.....	35
Ilustración 8. Matriz de decisión de las ideas propuestas. Fuente Boston Scientific.....	37
Ilustración 9. Flujo de la línea actual de Constellation. Fuente Boston Scientific.....	38
Ilustración 10. Gráfico de proyección de ventas del dispositivo de Constellation. Fuente Boston Scientific .....	40
Tabla 1. Tabla de operaciones de la línea de Constellation. Fuente Ingeniero Uriel Lobo Barquero	41
Ilustración 13. Análisis de 5 porqués. Elaboración propia .....	43
<b>Ilustración 14. Plano actual del CER-5 con la línea de Constellation. Elaboración propia .....</b>	<b>44</b>
Ilustración 16. Gráfico de capacidad de la línea de Constellation. Fuente Boston Scientific .....	47
<b>Ilustración 17. Gráfico de trabajo de la línea de Constellation. Fuente Boston Scientific Costa Rica .....</b>	<b>47</b>
<b>Ilustración 18. Plano actual del CER-5 con la línea de Constellation con la unión de operaciones de bajo tiempo de ciclo. Elaboración propia .....</b>	<b>48</b>
Ilustración 19. Tabla de comparación de procedimientos. Fuente Boston Scientific.....	50
Ilustración 20. Tabla de comparación de procedimientos. Fuente Boston Scientific.....	51
<b>Ilustración 22. Plano actual del CER-5 con la línea de Constellation con la unión de operaciones de empaque. Elaboración propia .....</b>	<b>53</b>
Ilustración 23. Análisis de 5 porqués. Elaboración propia .....	54
Ilustración 27. Carrito de materiales. Fuente Boston Scientific.....	55
Ilustración 29. Fotografía de etiqueta de calibración. Fuente Boston Scientific .....	58
Ilustración 30. Fotografía con fines ilustrativos de cuarto limpio de producción. Fuente www.google.com .....	60
Ilustración 32. Fotografía de etiqueta de calibraciones. Fuente Boston Scientific.....	62
Ilustración 34. Imagen con fines ilustrativos de una validación aprobada. Fuente Boston Scientific .....	64
Ilustración 35. Imagen de cotización Vega Voltios Ingeniería. Fuente Vega Voltios Ingeniería .....	65
Ilustración 36. Imagen de cotización de Power Tronic. Fuente Power Tronic Advanced Thecnical Support.....	66

Ilustración 37. Imagen de respuesta por correo electrónico de Tecno Medica. Elaboración:  
 Respuesta por electrónica..... 66

**Ilustración 40. Tabla de absorción económica CER-5 Boston Scientific Heredia..... 68**

Ilustración 42. Flujo de la línea de Constellation después del movimiento. Fuente Boston Scientific  
 ..... 71

**Ilustración 24. Línea de tiempo de proyecto de movimiento de línea de producción. Elaboración  
 propia ..... 72**

**Ilustración 25. Tabla de Costos asociados al movimiento de línea. Elaboración propia ..... 73**

**Ilustración 26. Tabla de asistencia a reunión de presentación del proyecto. Elaboración propia 74**

## Capítulo 1 Introducción

Resumen.

Rediseño de la nueva línea de Constellation en CER-5 de Boston Scientific Costa Rica para aumentar la capacidad productiva de enero a marzo del 2017

- Cita Bibliográfica del documento:

Lobo Barquero, Uriel Manuel. “Rediseño de la nueva línea de Constellation en CER-5, de Boston Scientific Costa Rica, para aumentar la capacidad productiva de enero a marzo del 2017”. Tutor: Ingeniero Marco Cartín Gamboa, Universidad Hispanoamericana, Heredia 2017

- Síntesis:

El presente proyecto de investigación fue realizado para el Departamento de Ingeniería Industrial de la empresa Boston Scientific, Heredia, Costa Rica, y establece un modelo mejorado de la línea actual de manufactura de dispositivos médicos.

El problema que originó el proyecto, fue la falta de espacio para el crecimiento en la compañía, lo cual, anteriormente, se controlaba bajo una métrica local de disponibilidad de espacio para transferencias de nuevos productos. Pero al paso del tiempo y con forme la planta de producción fue creciendo, se fue dejando de lado la métrica debido a que la planta fue llegando al tope en cuanto a disponibilidad, lo que evidenció la oportunidad de rediseñar la actual línea de producción del dispositivo de Constellation.

Entre sus objetivos, se plantea evaluar el sistema actual de manufactura y proponer un nuevo sistema más eficiente que además libere el espacio necesario para futuras transferencias de productos.

Para llegar a los resultados deseados se procedió de la siguiente manera.

Capítulo 1: Se plantean los antecedentes del problema y la importancia que tiene la realización del proyecto.

Capítulo 2: Se trabajan en el marco teórico, conceptos de la empresa y utilización de herramientas a lo largo del proyecto.

Capítulo 3: Marco metodológico, se define el tipo de investigación, carácter, naturaleza y las fuentes de investigación.

Capítulo 4: Inicialmente se evaluó el estado actual de la línea de producción, se realizaron caminatas con un equipo profesional de la empresa, se documentaron posibles soluciones en una sesión de lluvia de ideas

Capítulo 5: Se pusieron en marcha las ideas que por recomendación de la gerencia generarían un mayor impacto como lo son: Unión de procesos similares, eliminar operaciones duplicadas y unión de operaciones en el mismo espacio físico que cumpliera una serie de requisitos sugeridos por el equipo de trabajos mencionados en el capítulo 4. Lo anterior permite rediseñar una nueva línea de producción más pequeña y eficiente que pueda cumplir con los requisitos y recomendaciones de la gerencia, y que a su vez, pueda generar el espacio para nuevas transferencias.

Capítulo 6. Se realiza una serie de conclusiones y recomendaciones encontradas en el proyecto de rediseño de línea de producción.

## **1.1 Antecedentes del problema**

Boston Scientific es una empresa de capital estadounidense ubicada en la zona de La Aurora de Heredia y Coyol de Alajuela.

Desde hace algunos años atrás, el cierre de algunas plantas o divisiones en otros países ha ocasionado exitosas transferencias para ambas plantas en el ámbito nacional. Boston Scientific Costa Rica inició operaciones en el año 2004 con la división de Endoscopía y hoy cuenta con más de 10 divisiones para lo cual, en el año 2007, abrió su segunda planta en el Coyol de Alajuela para poder hacerle frente a la creciente demanda de sus productos. Hoy en día la planta de Heredia está topada en capacidad productiva y tiene planes de transferencias para el año 2017 en la división de electrofisiología. Dada la problemática de espacio, es requerida la expansión y construcción de nuevos cuartos de manufactura, además del rediseño de líneas de producción para poder hacerle frente a las futuras transferencias.

La apertura de la nueva división de electrofisiología tiene como beneficios para el país como lo son nuevos puestos de trabajo, directos e indirectos, además de una absorción significativa para la empresa en el ámbito nacional.

Para inicios del 2017 se planea la apertura de la línea de producción llamada Newton con una contratación inicial de 22 personas entre operadores de planta, técnicos e ingenieros, en el CER-5 de la planta de Heredia, Costa Rica, donde se enfocará el proyecto y una absorción inicial de 2 millones de dólares. Actualmente, las manejadoras de la planta de encuentran topadas en capacidad, por lo cual, no es opcional la expansión inicial de la empresa. Se pretende el rediseño del CER-5 en la planta de Heredia para poder ubicar la nueva línea de producción.

Todo lo anterior se da a raíz de malas administraciones en las plantas que están cerrando, también podría ser por falta de mano de obra calificada a precios que beneficien la corporación o como es común en empresas que manufacturan dispositivos médicos por falta de calidad, ya que un dispositivo con baja calidad podría, a la hora de accionarlo, generar quejas, demandas o hasta la muerte del paciente. Si existiera una planta situada en cualquier parte del mundo, sea en la capital de Inglaterra y dicha planta está teniendo quejas con los clientes, que en algún momento podría ser una observación para la FDA (ente regulador de los Estados Unidos de América), no dudarían en cambiar la administración de la planta o en su defecto transferir la división o planta. Si la planta fuera transferida por temas estratégicos de la corporación, meses o años antes se notificaría a la parte gerencial; tanto la que manda como la que recibe la división. Esto ocasionaría grandes oportunidades para la planta de Heredia, Costa Rica, por el tema de posicionamiento en la corporación, además del impacto social que podría generar.

Cuando la empresa es notificada pero no tiene oportunidades físicas de expansión, se optan por la optimización de espacios con reubicación de líneas de producción y rediseño de líneas con el fin de hacerlas más eficientes y reducir hasta un 50% de su tamaño actual, con una capacidad productiva similar.

Actualmente, la empresa tiene un mecanismo para medir la productividad por metro cuadrado, los 6 pisos de producción están al tope con hasta +23% producción del mínimo requerido, lo cual hace las líneas mucho más eficientes pero a su vez, las hace mucho más

retadoras cuando hay una modificación de flujo o diseño. El cuarto de producción CER-5 donde se hará el proyecto, está al tope con 100% de producción por metro cuadrado, por lo cual, se observa la gran oportunidad en rediseñar la línea y sus respectivos flujos para garantizar el espacio para la nueva línea de producción llamada Newton para el 2017.

Los cambios en demandas por requerimientos del cliente, además de estrategias corporativas en cerrar parcial o totalmente plantas de manufactura en otros países y trasladarlas a Costa Rica, son frecuentes. Por ello, es necesario plantear la siguiente pregunta. ¿Cómo el rediseño de la línea de producción afecta positivamente la productividad de la empresa?

Actualmente el CER-5 con las familias de OIS, Diagnostcs y Constellation tiene una absorción económica anual de \$46.805.415,31

El poder aumentar la capacidad productiva para el 2017 instalando la nueva línea de producción de Newton en el CER-5 de Boston Scientific Heredia generaría un aumento significativo de \$(1.278.165,00)

Ver tabla comparativa

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Constellation	120	123	137	93	74	94	85	90	80	84	89	64
Absorción	\$ 289.179,50	\$ 294.509,28	\$ 328.270,15	\$ 222.616,80	\$ 178.217,76	\$ 226.217,76	\$ 204.993,60	\$ 215.605,68	\$ 192.993,60	\$ 202.640,64	\$ 212.628,48	\$ 152.701,44
Ois	907	833	872	749	1109	1209	1366	1412	1365	1460	1422	782
Absorción	\$1.355.010,94	\$1.244.643,81	\$1.303.195,58	\$1.118.996,99	\$1.657.143,01	\$1.806.543,01	\$2.040.267,88	\$2.109.285,30	\$2.038.839,85	\$2.181.799,59	\$ 2.123.729,93	\$ 1.168.274,02
Diagnostcs	4343	4098	3644	2023	2671	2691	2514	2602	2509	2597	2685	2112
Absorción	\$3.014.228,01	\$2.844.207,70	\$2.529.250,65	\$1.404.274,80	\$1.853.654,76	\$1.867.534,76	\$1.744.694,51	\$1.806.114,63	\$1.741.224,51	\$1.802.365,58	\$ 1.863.605,20	\$ 1.465.955,62
Newton	0	0	0	0	0	243	195	280	280	275	301	165
Absorción	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 178.605,00	\$ 143.325,00	\$ 205.800,00	\$ 205.800,00	\$ 202.125,00	\$ 221.235,00	\$ 121.275,00
Total	\$4.658.418,45	\$4.383.360,79	\$4.160.716,39	\$2.745.888,59	\$3.689.015,53	\$3.900.295,53	\$3.989.955,98	\$4.131.005,61	\$3.973.057,95	\$4.186.805,80	\$ 4.199.963,60	\$ 2.786.931,08
	\$4.658.418,45	\$4.383.360,79	\$4.160.716,39	\$2.745.888,59	\$3.689.015,53	\$4.078.900,53	\$4.133.280,98	\$4.336.805,61	\$4.178.857,95	\$4.388.930,80	\$ 4.421.198,60	\$ 2.908.206,08
Diferencia	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ (178.605,00)	\$ (143.325,00)	\$ (205.800,00)	\$ (205.800,00)	\$ (202.125,00)	\$ (221.235,00)	\$ (121.275,00)
											Diferencia total	\$ (1.278.165,00)

Ilustración 1. Tabla de absorción económica del CER-5 en Boston Scientific Heredia Costa Rica Fuente Boston Scientific

En el pasado cuando alguna división ha sido transferida a Costa Rica, se toma como base la manufactura de la planta que envía, haciendo una transferencia espejo a la planta que recibe con el fin de validar bajo los mismos parámetros con las que fue construida inicialmente la división o línea de producción. Por ende, es importante hacernos la

siguiente pregunta: ¿cuánto transporte innecesario se tiene actualmente en la línea productiva de Constellation?

Debido a las transferencias espejo a lo largo del tiempo, se ha identificado una serie de actividades que no agregan valor a la manufactura del dispositivo como esperas innecesarias a lo largo del proceso, transporte, inventario acumulado los cuales son actividades que el cliente no está dispuesto a pagar. De ahí la necesidad de hacernos la siguiente pregunta: ¿cuáles son los desperdicios que tiene la línea de producción de Constellation?

Dado que la línea de producción actual ocupa más espacio de lo necesario, que el volumen de producción tiene una proyección estable a largo plazo y el expertise de los operarios ha incrementado en 12% en los últimos meses. La línea de producción es considerada como una de las líneas más estables para la compañía. Por ello es necesario plantear la siguiente pregunta: ¿cuánto espacio físico podría eliminarse con el rediseño de línea?

Debido al cumplimiento de métricas como lo son calidad, servicio y costo, la corporación decidió transferir la línea de producción a la planta de Heredia, donde se cuenta con un sistema de calidad muy robusto, además de resultados evidentes donde llevan 12 años produciendo dispositivos médicos de alto desempeño y nunca se ha visto la planta envuelta en problemas o demandas por falta de calidad. Por ende, es importante hacerse la siguiente pregunta: ¿Cómo impactará, de forma positiva, el nuevo diseño de línea en las métricas de servicio y costo?

### **1.1.1 Justificación**

#### **1.1.2 Pertinencia diacrónica**

La compañía exige cumplir con requerimientos mínimos de transferencia y crecimiento para lo cual demanda que la transferencia debe ser liderada por al menos 80% de empleados, los cuales serán reemplazados por nuevas contrataciones, se debe contar con el espacio físico requerido para la ubicación de la nueva línea de producción y que hoy no

se cuenta, además la planta de Heredia debe contar con al menos 2000 sqft libres para futuras transferencias. Actualmente, la planta cuenta con 2500 sqft libres a lo largo y ancho de la planta de producción, pero tal espacio está repartido en 7 ubicaciones diferentes de la planta lo cual hace imposible en este momento poder hacer un consolidado para poder agrupar las divisiones. Por esta razón, se requiere el rediseño de la línea productiva de Constellation, para poder reducirla, hacerla mucho más eficiente y liberar el espacio que demanda la nueva línea de producción llamada Newton. Dicho proyecto es requerido hacerse en el piso de producción CER-5 para poder agrupar divisiones, esto hace que compartan talento y en algunas ocasiones procesos, lo que permitirá hacerlas aún más eficientes obteniendo ganancias significativas para la corporación, y permitirá que la compañía se posicione de una manera deseada.

### **1.1.3 Importancia**

La transferencia de dispositivos médicos o comercialización de nuevos productos es parte de uno de los pilares de la compañía en el ámbito local, ya que genera nuevos puestos de trabajo pues se contrata desde operadores hasta, técnicos, ingenieros y gerentes; esto genera mejor posicionamiento a nivel corporativo, ya que Boston Scientific es capaz de tener crecimiento avanzado utilizando nuevas tecnologías y con calidad absoluta. Para darse cuenta de los buenos resultados que la compañía ha obtenido en los últimos 6 años, se ha transferido 23 nuevos productos para 3 divisiones totalmente diferentes. Es importante recalcar que por los buenos resultados obtenidos en la planta de Heredia, la corporación ha apostado a favor nuestro por la confianza y respaldo que los empleados han generado a una planta de manufactura relativamente nueva.

Para la empresa es muy importante la transferencia de nuevos productos, ya que además de generar empleo y más ganancias para la compañía, garantiza más años de servicio y dedicación, dando a conocer el alto desempeño del personal contratado, a un bajo costo y con calidad total en cada uno de los procesos. Esto ha significado el hecho de mantenerse compitiendo y no cerrarse puertas, con el cierre de alguna de las líneas de producción.

#### 1.1.4 Novedad/Originalidad

El rediseño de la línea de Constellation, tiene como objetivo fundamental la liberación de espacio haciéndola mucho más eficiente, para lo que se ha estudiado algunas técnicas permitidas para lograrlo, como lo son:

- Cierre de procesos duplicados. Actualmente existe la primera oportunidad donde se evidencian procesos duplicados que por falta de demanda o aumento en el expertiz del personal dejan de ser requeridos. Al ejecutar dichos movimientos se estará ganando 3 procesos duplicados a lo largo de la línea de producción para un total de 288'' lineales
- Nueva tecnología. En la línea actual, la mayoría de procesos son empíricos o 100% manuales como se muestra en la operación de spline tube. En dicha operación se enhebran los alambres manualmente y se cortan con una regla calibrada; para hacer la operación más eficiente y poder anular 2 de las 4 operaciones con las que se cuenta; se estará, implementado un fixture de corte con medidas calibradas para agilizar el proceso de corte, donde podrán cortar todos los alambres al mismo tiempo, reduciendo significativamente el proceso y liberando 96'' lineales
- Unión de proceso en el mismo espacio físico. Esta opción aunque no tiene aplicación de nuevas tecnologías o aplicación de métodos validados en la manufactura, es la opción que más espacio físico podrá liberar. Consta de realizar 2 o más procesos en la misma mesa de trabajo, cada proceso actualmente tiene sus procedimientos aprobados, además hablan del espacio físico donde se ejecutará, ahora de unir procesos u operaciones en el mismo espacio para poder liberar espacio, dicha unión podrá también reducir tiempo en limpieza de línea, transporte y manipulación de la unidad, colaborando principalmente en la liberación de espacio,

agilización de limpieza de línea y transporte, por ende, en eficiencia, sin dejar de lado el tema de manipulación, el cual está ligado al desperdicio o a defectos. Dicha opción liberará 336'' lineales.

- Unión de procesos con otras líneas. Se está trabajando para poder unir el proceso de empaque para la familia con otras 3 familias, consta de hacer la operación de empaque con otra línea de producción donde se utilizarían las mismas herramientas ya instaladas, además de su espacio físico. Este método, además de generar gran cantidad de espacio, también estará contribuyendo en el tema financiero de la transferencia de la nueva línea de producción, ya que estará desocupando herramientas, mesas y selladoras que se utilizan para el empaque del dispositivo y posteriormente se podrán validar para ser utilizadas para la nueva familia de producción llamada Newton. Esto garantiza un ahorro significativo en la instalación de la nueva línea de producción.

#### **1.1.5 Aporte al campo de estudio**

El proyecto de rediseño de línea de producción servirá de estudio para la materia el diseño de planta y estudio de tecnologías o métodos, ya que para el proyecto del rediseño de la línea de Constellation se utilizarán herramientas, métodos estudiados y comprobados. Pero también se evidencian oportunidades mayores en la compatibilidad que tienen los procesos con otras líneas de producción, con el fin de poder aplicarlas para obtener un resultado favorable; dichos métodos no son comunes verlos aplicados en plantas de manufactura o líneas de producción que cuentan con el espacio suficiente para su manufactura pero que son necesarios para empresas que no lo cuentan.

#### **1.1.6 Impacto positivo**

En este momento se cuenta con 3 transferencias a mediano plazo para lo cual la compañía se encuentra con excelente visibilidad ante la corporación de Boston Scientific,

además la organización apuesta al crecimiento de nuevos productos y nuevas tecnologías, ya que garantizan una absorción financiera robusta que les permita seguir creciendo en el país. El rediseño de línea garantiza el espacio para la transferencia de la familia de Newton. Todo lo anterior va ligado a la visión de la compañía que espera ser la empresa de dispositivos médicos más grande de Costa Rica.

## **1.2 Formulación del proyecto**

¿Cómo el rediseño de la línea de producción de Constellation influye en la capacidad productiva y beneficio económico del cuarto CER-5 en Boston Scientific de Costa Rica?

## **1.3 Objetivos del proyecto**

### **1.3.1 Objetivos generales**

- Mejorar y rediseñar la línea de producción de Constellation para optimizar el espacio y actividades de operaciones, con el propósito de aumentar la capacidad productiva y el beneficio económico.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Evaluar el estado actual de la línea productiva de Constellation para determinar los requerimientos mínimos de manufactura.
- Proponer el nuevo diseño de línea productiva de Constellation, con nuevos flujos en el proceso que permitan aumentar la eficiencia.
- Implementar la nueva línea productiva de Constellation en el cuarto de producción CER-5 en Boston Scientific.

- Realizar pruebas de funcionamiento (validación de equipos y proceso) para garantizar el funcionamiento de los equipos, flujo de material y manufactura del dispositivo.
- Validar el costo y beneficio de la propuesta de la mejora. (Propuesta de inversión, además de beneficio económico)

### **1.3.4 Alcances**

Agilizar el proceso productivo, eliminando manipulación y transportes innecesarios con el rediseño de la nueva línea de Constellation en CER-5 Boston Scientific Heredia

Lograr una reducción de espacio con la nueva instalación de la línea de Constellation, con el fin de que sean utilizados para la instalación de un producto nuevo en CER-5 Boston Scientific Heredia.

### **1.3.5 Limitaciones**

No existen limitaciones para la realización del proyecto en la empresa

## **Capítulo 2 Marco Teórico**

### **2.1 Reseña de la organización**

#### **2.1.1 Antecedentes de la empresa**

Boston Scientific inició a finales de la década de 1960 cuando su cofundador, John Abele tuvo un gran interés en adquirir la empresa Medi-Tech Inc, compañía dedicada a la investigación y desarrollo de nuevas alternativas para la cirugía tradicional. Los primeros

productos desarrollados por esta compañía (año de 1969) comprendieron una familia de catéteres como los primeros productos utilizados para procedimientos menos invasivos. (Boston Scientific Corporation: 2009).

Para el año de 1979, John Abele y Pete Nicolas se asociaron con el fin de comprar Medi-Tech Inc. Y, seguidamente, fundaron Boston Scientific Corporation, con un enfoque en el área de los dispositivos médicos menos invasivos. En 1979 la compañía creció en red.

La investigación, desarrollo y producción de nuevas tecnologías referentes a productos menos invasivos han sido enfocados en áreas de negocios tales como Urología, Endoscopía, Ginecología, Oncología, entre otras. (Boston scientific Corporation; 2010)

Desde 1992, la compañía ha emprendido una estrategia de adquisición agresiva, congregando líneas de negocio que le han permitido continuar como líder de la industria médica a nivel mundial, lo cual se ratifica con la compra de Guidant, la empresa de dispositivos médicos más grande del mundo hasta ese entonces. (Boston Scientific Corporation: 2010)

Fuera de América del Norte, la investigación y desarrollo, la manufactura, mercadeo y ventas son administradas por la División Internacional de Boston Scientific Corporation a través de sus operaciones en Europa, Japón y otros continentes, e incluye a representantes en más de 45 países alrededor del mundo. (Boston scientific Corporation; 2009)

Hasta el día de hoy, Boston Scientific opera en un total de 26 centros industriales de distribución y tecnología en el entorno mundial, empleando alrededor de 29.000 personas. (Boston Scientific Corporation; 2010)

Para el caso específico de Costa Rica, la empresa inició operaciones en el año 2004. En primer lugar, comienza con dos líneas de producción en un cuarto limpio de 640 m<sup>2</sup> y un área total de 3.663 m<sup>2</sup>. Posteriormente, en junio de 2005, fue finalizada la expansión de sus instalaciones con la construcción de un segundo edificio, el cual posee un área de 2.723 m<sup>2</sup> correspondiente al cuarto limpio y un área total de infraestructura de 6.200 m<sup>2</sup>. En total suman 9.864 m<sup>2</sup> como combinación de ambos edificios.

Actualmente, Boston Scientific Costa Rica cuenta con una segunda planta, ubicada en el Parque Industrial ProPark en el Coyol de Alajuela, con una capacidad total de 3.000

empleados. En dichas instalaciones, se manufacturan productos de las líneas Multibite, SpyBite, Piranha y Rotatable Snares, que fueron transferidos desde Miami, cuatro líneas de productos diferentes transferidas de la planta ubicada en Global Park, así como líneas de sub ensambles y cardio vascular. Tomado de: (Boston Scientific Corporation, 2016)

### **2.1.2 Detalles del dispositivo de Constellation**

El dispositivo llamado Constellation, es un dispositivo altamente tecnológico que ayuda al doctor en un procedimiento de mapeo y permite al médico asignar, de manera eficiente, arritmias focales en tiempo real.

Algunas de sus características son:

- Obtiene toda la imagen en un latido del corazón
- Elabora de mapas detallados de contacto completo
- Proporciona un inventario global, en tiempo real en un solo ciclo cardiaco
- Brinda las señales longitudinales y circunferenciales simultáneas para la cartografía más precisa en 3-D
- Está construido por la aleación de spline Superelástica, lo que demuestra su eficacia y eficiencia
- Se trata de un diseño de la canasta flexible; se adapta a la anatomía de la aurícula para ayudar en la colocación precisa y para ahorrar tiempo de reposicionamiento
- 64 electrodos proporcionan, en tiempo real la información completa en 3-D en un solo latido
- Proporciona electrogramas de alta resolución que facilitan la identificación de los primeros sitios de activación.

Tomado de: (Boston Scientific Corporation, 2016)

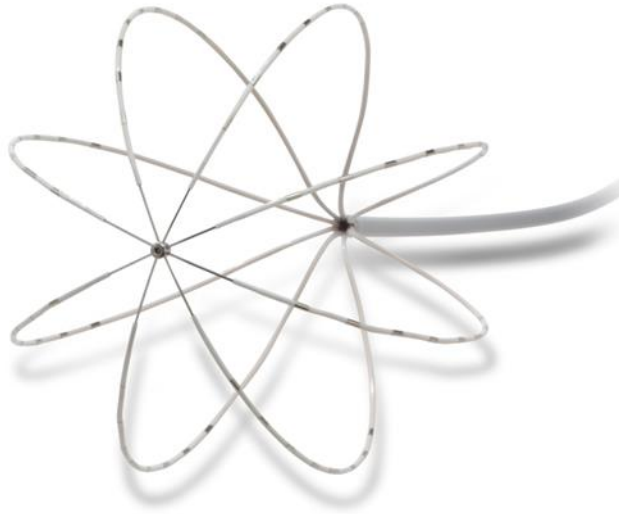


Ilustración 2. Ilustración del dispositivo. Fuente: Boston Scientific

### 2.1.3 Misión

Boston Scientific se dedica a la transformación de la vida a través de soluciones médicas innovadoras que mejoran la salud de los pacientes en todo el mundo.

(Boston Scientific Corporation, 2016)

### 2.1.4 Valores

- Valoración
- Innovación
- Diversidad
- Alto desempeño
- Espíritu vencedor
- Colaboración global

Tomado de: (Boston Scientific Corporation, 2016)

### **2.1.5 Política de Calidad**

“Yo mejoro la calidad del cuidado del paciente y de todo Boston Scientific”

Información del producto

Tomado de: (Boston Scientific Corporation, 2016)

## **2.2 Marco conceptual técnico**

En este capítulo se presentan los principales conceptos que ayudan a entender este proyecto como la importancia de realizar el proyecto de propuesta en la línea siendo más eficiente, con el espacio necesario para su manufactura, eliminando toda clase de desperdicio que se presente en el flujo de línea actual y uso de herramientas adecuadas y nuevos métodos de manufactura en la línea de Constellation de la empresa Boston Scientific Costa Rica.

### **2.2.1 La importancia del rediseño de la línea de Constellation en Boston Scientific.**

La importancia del rediseño se basa en la necesidad de tener espacio disponible; se han identificado varias oportunidades de mejora en la línea que podrían eliminarse con un nuevo diseño, que permita un flujo continuo de material a lo largo de la línea de producción.

La compañía tiene como estrategia, la transferencia de nuevos productos para el 2017 y no cuenta con el espacio suficiente para la instalación inicial de las líneas por transferir. Por tal motivo, se opta por un nuevo diseño de cuarto limpio y rediseño de líneas

de producción que cumplan con las necesidades actuales de manufactura, según lo conversado con el Ingeniero Industrial (Arce, 2016)

La línea de Constellation fue elegida debido a una serie de evaluaciones donde se pudo evidenciar la gran cantidad de desperdicios y los beneficios que podría tener, con un nuevo flujo de material donde podría ayudar a la necesidad de espacio y reducción en defectos por la manipulación. Según lo conversado con el Ingeniero Industrial de Boston Scientific: (Arce, 2016)

### **2.2.2. La evaluación del estado actual de la línea de producción.**

Actualmente la línea de Constellation tiene 1152'' lineales, por donde pasa cada una de las unidades que se manufactura en ella, es una línea que parte a su izquierda del pasillo principal y se quiebra completamente a su mitad, cuenta con 17 operaciones, en algunos casos las operaciones están cuadruplicadas, esto por la cantidad de demanda en el pasado.

La línea de Constellation fue transferida de la planta de San José, California, en el año 2015 y tiene una demanda diaria de 5 unidades para un total de 5 operadores. Es una de las líneas más complejas que existe en la planta de Boston Scientific Heredia debido a la dificultad para su manufactura, donde 5 operadores deben tener hasta 4 certificaciones.

Existen transportes hasta de 92'' lineales, esperas por curados de 4 horas y se empaca el producto una vez por semana debido al bajo requerimiento.

Algunas de sus operaciones comparten tecnología y sus equipos son utilizados 2 ó 3 veces por semana lo cual la hace una línea flexible cuando existen requerimientos de incremento en volumen.

#### **Plano del CER-5 en Boston Scientific Heredia**

Con el fin de conocer la línea de Constellation, se marca con el color rojo la línea de inicio a fin, esto en el CER-5 de Boston Scientific.

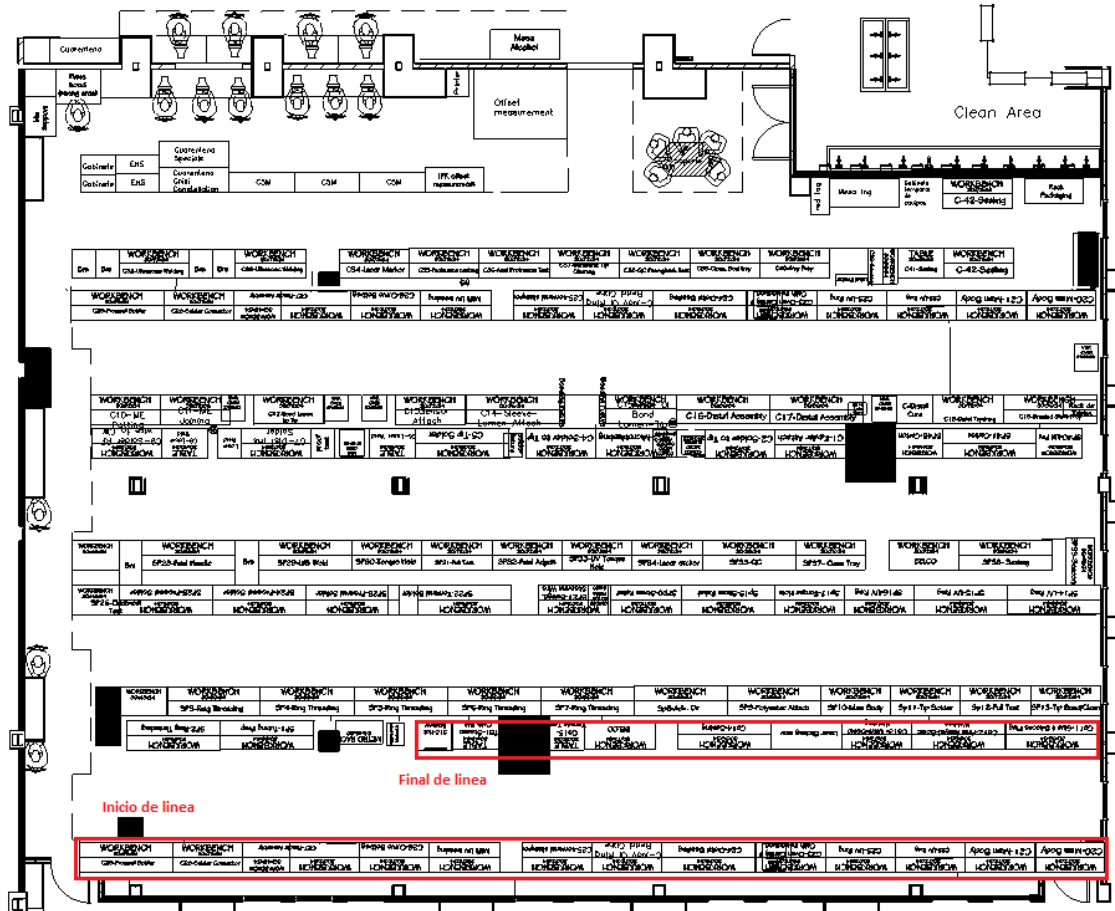


Ilustración 3. Plano de CER-5 Boston Scientific Fuente Boston Scientific

### 2.2.3 La elaboración de un rediseño eficiente

Parte del trabajo, es rediseñar la línea de producción de forma tal que tenga por objetivo eliminar los “desperdicios” en los procesos productivos para aumentar la eficiencia y la productividad en la compañía. Cambiar la lógica en la manera de hacer las cosas, a través de una reingeniería que otorgue autonomía a cada operación de trabajo, con el propósito de implementar mejoras constantes en su funcionamiento.

Con un rediseño eficiente se podrá eliminar el 55% de su tamaño inicial, eliminando desperdicios como transportes y movimientos innecesarios, trabajo en proceso “WIP”, además de gran cantidad de retrabajos.





## 2.2.4 Requerimientos de seguridad y regulatorio del rediseño.

De acuerdo con la norma NFPA 101, la distancia mínima entre líneas con ocupación <50 personas es de 36 "(de la NFPA 101 12.2.5.8.2). Sin embargo, si hay sillas que no se fijan en su lugar alrededor de los bancos de trabajo, adicionales 19 "debe ser añadir por cada tabla (de la NFPA 101 12.5.8.3).

Por lo tanto, en nuestra configuración de la línea de la distancia mínima entre líneas debe ser de 74 "(188cm).

(Código de seguridad humana, 2000)

Plano de la norma NFPA 101

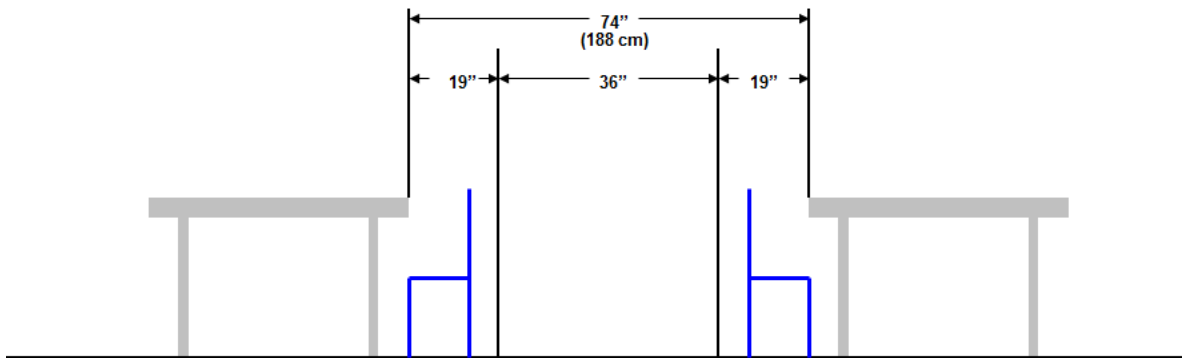


Ilustración 6. Plano ilustrado de una línea de requerimientos mínimos de espacio para una línea de producción según la NFPA 101 de seguridad humana. Fuente Código de seguridad humana NFPA 101

## 2.2.5 Los beneficios para la organización del rediseño.

- Productividad por m2. En este caso aumentaría la productividad de la línea de producción ya que se haría la misma demanda en el 45% de espacio destinado para la línea de producción actual
- Espacio libre. Para Boston Scientific es importante la liberación de espacio para poder cumplir con la estrategia corporativa de transferencias de nuevos productos y tecnologías.
- Flujo continuo. La propuesta de línea tiene como objetivo la elaboración de una línea con flujo continuo donde las operaciones quedan balanceadas por tiempo de ciclo, lo que permitirá eliminar esperas entre operaciones y garantizar la eliminación de inventario “WIP” entre estas.
- Aumenta la eficiencia y disminuye el tiempo de ciclo. Al eliminar desperdicios como transporte, movimiento, esperas innecesarias, la línea tendrá un flujo continuo, lo cual la hace más eficiente debido a la baja en el tiempo de ciclo de operaciones específicas. Al eliminar transportes y esperas, automáticamente se aumenta la productividad de la línea, ya que estará enfocada en la producción.
- Flexibilidad. La creación de Kanban garantiza la flexibilidad de la línea, ya que se pretende tener en Kanban un modelo por definir. La intención es tener disponibilidad de línea cuando existan requerimientos especiales por parte del Departamento de Planeación. Actualmente, los requerimientos espaciales tardan hasta una semana en salir del piso de producción, lo cual aumenta el tiempo de entrega al cliente. Según lo conversado con la ingeniera industrial de Boston Scientific. (Castillo, 2016)

## 2.2.6 Uso de herramientas

1. Utilización de líneas de tiempo para poder evidenciar o tener mejor visibilidad de los pasos de cada uno de los entregables del proyecto. Lo anterior debe ir con orden cronológico y fechas desde el más antiguo hasta el más reciente. Esto es importante para poder llevar con éxito el mensaje a la gerencia. Según lo conversado con la

ingeniera industrial de Boston Scientific (Castillo, Uso de herramientas efectivas para la realización del proyecto, 2017)

2. Análisis de 5 porqués. Es un método utilizado para responder muchas de las incógnitas que se encuentran a lo largo del trabajo y con ello poder explorar las relaciones de causa-efecto que genera un problema en particular. Cuando el proyecto se presente a la gerencia, muchas preguntas podrían surgir y si se realiza dicho análisis podrían estar las respuestas y es mucho más fácil poder vender el proyecto delante de la gerencia de Boston Scientific. Además, utilizar ese estándar de Boston Scientific para no generar confusiones. Según lo conversado con la ingeniera industrial de Boston Scientific (Castillo, Uso de herramientas efectivas para la realización del proyecto, 2017)
3. Utilizar la herramienta de matriz de priorización que se encuentra en el share point de Ingeniería, esto podría llevar a servir si en algún momento se tienen muchas ideas pero no se sabe cuál de ellas es realmente importante o se podría dejar de lado para poder priorizar y llevar con éxito el proyecto. Según lo conversado con el Ingeniero Industrial de Boston Scientific (Monge, 2016)
4. Seguimiento de la sesión con el equipo de trabajo donde en conjunto se toman los apuntes de ideas que potencialmente llegarían a darle valor al proyecto, se documentan las ideas en un diagrama de causa efecto, comúnmente llamado Ishikawa, el cual tiene como finalidad representar gráficamente las relaciones múltiples entre las diversas variables que intervienen en el proceso. (Monge D. F., Diagrama Isikawa, 2017)
5. Término Takt Time. Este término es utilizado para el análisis de capacidad realizado a la línea actual de Constellation, Se utiliza para indicar el ritmo de producción actual de la línea y el esperado para poder compararlos entre sí y con ello tener mejor visibilidad en cuanto a su capacidad productiva y a sus oportunidades de mejora. (Monge D. F., Takt Time, 2017)

6. Término “cuello de botella”. Es una de las fases del proceso productivo el cual determina el ritmo de producción actual o limitado, así como la cantidad de unidades máximas de producción. Para poder incrementar la cantidad máxima de producción se debe incrementar la capacidad máxima del “cuello de botella” en una línea de producción. (Monge C. A., Término utilizado en producción para el cuello de botella, 2017)
7. Tiempo de ciclo. El tiempo de ciclo es un parámetro en el proceso productivo, el cual denota el tiempo de producción desde su inicio hasta su final, para el que existen métricas que intentan mantener el tiempo de ciclo por debajo de la métrica. (Monge C. A., Término de tiempo de ciclo, 2017)

## **Capítulo 3 Marco metodológico**

### **3.1 Metodología del proyecto**

Este apartado se enfoca principalmente en definir la metodología mediante la cual se desarrollará el proyecto además del enfoque que este posee. La descripción metodológica es importante, ya que provee una guía de cómo debe ser desarrollado el proyecto y cuáles son las herramientas adecuadas por utilizar para la recolección de datos e información.

### **3.2 Tipo de investigación**

Debido al análisis del proyecto y enfoque que este posee, este proyecto será clasificado de la siguiente manera:

#### **3.2.1 Finalidad**

Se considera el proyecto con finalidad aplicada, ya que tiene como objetivo fundamental poner en práctica los conocimientos como diseño de planta, seguridad

ocupacional, aumento en productividad, leyes y teorías de manejo de materia prima en espacios limitados con el fin de mejorar el proceso actual de la línea de producción.

### **3.2.2 Dimensional**

Se clasifica como longitudinal porque se desarrolla mediante la metodología DMAIC que posee 5 pasos: definir, medir, analizar, mejorar y controlar.

### **3.2.3 Marco**

Se subdivide de la siguiente manera:

- Mega: para el proyecto se definió el departamento operativo de la planta de Heredia en Boston Scientific.
- Macro: se destacó el área de fisiología en Boston Scientific Heredia
- Micro: específicamente en la línea de Constellation

### **3.2.4 Condición en la que se hace**

Se clasifica como de condición mixta puesto que los datos y la información que se utilizará, será recolectada directamente de los departamentos de soporte dentro de la organización. Además, gran cantidad de información será recolectada por parte del grupo de trabajo y los operadores de línea de producción.

### **3.2.5 Carácter**

- Exploratorio: el proyecto posee carácter exploratorio, ya que se implementarán técnicas como unión de operaciones y utilización de espacios verticales. Dichas técnicas se utilizarán por primera vez debido a la necesidad de espacio.
- Prospectivo: se denomina prospectivo ya que se investigó la problemática actual y se realizó un análisis robusto de mejoras para garantizar que no hayan problemas a futuro en cuanto a capacidad, mezclas de material y ergonómicos.

- Descriptivo: es de carácter descriptivo porque se unirán operaciones y procedimientos. Además, se analizarán métodos observados durante la recolección de datos de tiempos y movimientos, lo que permitirá la estandarización de métodos para optimizar procesos.

### 3.2.6 Naturaleza

Se clasifica como de naturaleza cuantitativa porque la información recolectada va enfocada a resultados, porcentajes en reducción de scrap, mejora en cuanto a eficiencia, proyecciones de crecimiento a futuro y costos de inversión. Es de suma importancia conocer los costos y beneficios de la realización del proyecto: con base en el resultado se toma la decisión.

## 3.3 Sujetos

Los sujetos son una parte importante en la realización del proyecto puesto que brinda información relevante sobre el proceso por analizar. “Los sujetos son todas aquellas personas físicas o corporativas que brindarán información. Debe especificarse con claridad cuál es la población universo (pueden ser uno o varios) y la muestra (si se utilizará) en cada caso.” (Pazos, 2010).

Según la cita textual de Ethel Pazos, los sujetos por consultar deben ser listados con claridad. Es por ello que para el desarrollo de este proyecto se listarán a continuación los sujetos clave, que brindarán información indispensable

- Ingeniero Industrial: Se graduó como Ingeniera de la producción en el Instituto Tecnológico de Costa Rica y ha laborado para Boston Scientific Heredia desde enero del año 2016. Fue contratada para soportar el proceso de Blazer y planeación de espacios a futuro. Por esta razón, es considerada una persona con datos valiosos para el trabajo desarrollo del proyecto de rediseño de línea de producción en CER-5 de Boston Scientific.

## 3.4 Fuentes de información

Se denominan fuentes de información a diversos tipos de documentos que contienen datos útiles para satisfacer una demanda de información o conocimiento.

Conocer, distinguir y seleccionar las fuentes de información adecuadas para el trabajo que se está realizando es parte del proceso de investigación.

(Biblioteca Universidad de Alcalá)

- **Procedimientos:** Son los documentos oficiales en Boston Scientific, a su vez son utilizados por todos los empleados para ejecutar algún trabajo específico en su estación de trabajo, con el fin de hacer las tareas bajo los estándares validados. Este proyecto utilizará los procedimientos relacionados con movimientos de línea y se correrán las validaciones de cada máquina que sea afectada por el movimiento. Para cada validación existe un procedimiento. En total se utilizaran 13 procedimientos.
- **Essentials Book:** Corresponden a libros oficiales para Boston Scientific, donde se muestran las mejores prácticas para construir una línea de manufactura (ayudas visuales, pizarras, bines, herramientas, color y tipo de mesas etc)
- Para el caso de rediseño de línea de producción se utilizaran los libros de Lean Essentias, Production Essentials y Planning Essentials.
  - (Boston Scientific Corporation, 2016)

### **3.5 Técnicas e instrumentos para hacer trabajo de campo**

La recolección de datos es importante para el desarrollo del trabajo de campo. Específicamente para el rediseño de líneas de producción. Por esta razón, se utilizarán herramientas aprobadas por la compañía para la elaboración de proyectos. Es por ello que se utilizarán las siguientes metodologías con sus respectivas herramientas para la recolección de datos:

- **Bitácora:** esta herramienta es utilizada para recaudar información por medio de la observación. En este caso, se recaudará información relacionada con el método

utilizado en la manufactura del dispositivo, además de verificar el espacio utilizado por el operador para la ejecución de tareas, con el fin de encontrar oportunidades para la optimización de espacio y reducción de desperdicios (transporte y movimiento).

- Cronómetro: esta herramienta será utilizada en cada una de las operaciones con el fin de medir los tiempos de operación. Esta herramienta definirá cuál es el cuello de botella actual y cuál será después del rediseño de línea cuando algunas operaciones se unan para optimizar espacio.
- Planos actuales: Los planos actuales de la línea de producción permitirán definir el espacio disponible, además de modelar el nuevo plano de la línea para poder comparar la mejora.

## **Capítulo 4 Línea base y análisis de causa**

### **4.1 Hallazgos encontrados en la línea actual Constellation en CER-5 Boston Scientific**

Para el proceso de análisis, se procedió a realizar una sesión de lluvia de ideas con el equipo de trabajo; con la intención de identificar posibles causas, efectos o factores que podrían colaborar con el proyecto de reducción de espacio de la línea actual de Constellation, ya que en primera instancia se presume que la línea de producción cuenta con capacidad extra que podría aprovecharse en otros productos. Además, hacerla más pequeña contribuiría en la reducción con desperdicios, tales como tiempos de manufactura y transporte.

Dicho equipo está conformado por un conjunto de ingenieros otorgados por la gerencia para velar por los resultados de la línea de producción, quienes además son las personas expertas en el proceso y responsables de cada una de las métricas que tienen las líneas de producción. El equipo de trabajo de la línea de Constellation es el siguiente:

Uriel Manuel Lobo, ingeniero industrial y líder del proyecto.

Diana Mena, supervisora de producción

Byron Céspedes, ingeniero de calidad

Christian Wild, ingeniero de manufactura

Allan Rojas, ingeniero de equipos

Katherine Guerra, encargada de entrenamiento

Después del análisis con el equipo de trabajo, se identificaron 16 posibles causas que podrían colaborar con la reducción del espacio físico de la línea actual de Constellation, las cuales posteriormente serán analizadas con el grupo de trabajo para identificar aquellas posibles ideas que garanticen un resultado favorable en el proyecto de reducción de espacio en la línea de producción.

1. Eliminar la línea de producción

Eliminar por completo la línea de producción

2. Pasar la línea a otro cuarto limpio

Pasar la línea actual de Constellation la cual está instalada en CER5 de la planta de Heredia y pasarla a otro cuarto limpio el cual cumpla con sus necesidades productivas.

3. Crear celdas de trabajo

Actualmente el producto de Constellation se produce de forma lineal y la idea sería hacerla por celdas o subensables para poder cortarla y liberar el espacio.

4. Unión de procesos dentro de la misma operación.

Unir procesos que cumplan una serie de requisitos que aún no se definen para poder simplificar procesos y con ello generar el espacio requerido.

5. Eliminación de procesos duplicados

Actualmente se repiten procesos a lo largo de la línea de producción y la idea es eliminar esos procesos para poder hacer la línea más eficiente, por ende, más compacta. Pero para ello se debe hacer una serie de análisis para ver si los procedimientos lo permiten.

6. Eliminar operaciones o pasos específicos del procedimiento

Eliminar pasos repetitivos en el mismo procedimiento para hacer el flujo más eficiente.

7. Estudio de capacidad para poder balancear mejor la línea

Realizar un estudio de capacidad de la línea actual para entender mejor cómo debería correr la línea de producción y con ello poder identificar posibles desperdicios que se podrían eliminar después de implementada la nueva línea de producción.

8. Contratar más personal

Contratar más personal para que cada operación corra con una persona.

9. Cambiar procedimientos e eliminar pasos.

Eliminar pasos repetitivos.

10. Aprovechamiento de espacios aéreos o debajo de las mesas

Instalación de herramientas, máquinas, repisas o cualquier tipo de utensilio de forma aérea para poder eliminar espacio productivo.

11. Cambio de ubicación y flujo del proceso (variar los pasos)

Investigar si el flujo del proceso al variarlo podría ser más eficiente.

12. Realizar procesos fuera de la línea de producción (Subensambles)

Creación de procesos fuera de la línea de producción.

13. Estandarización de herramientas y máquinas (Compartir entre operaciones)

Estandarizar cualquier tipo de utensilio que sea utilizado en la línea, con el fin de optimizar los recursos y generar mayor espacio.

14. Creación de flujo continuo entre operaciones

Implementación de un flujo continuo entre operaciones, lo que es lo mismo que todas las operaciones siempre tengan al menos una unidad para que el proceso nunca se detenga, esto podría generar mayor eficiencia en el proceso.

15. Eliminar dependencia humana y más tecnología en la línea

Inyección directa de tecnología en la línea actual para poder liberar el espacio requerido para lo cual se requiere hacer un análisis de costo.

16. Cortar mesas de trabajo.

Hacer el proceso en mesas de trabajo más pequeñas para poder generar espacio.

La sesión de lluvia de ideas fue realizada en la reunión diaria de equipo de trabajo, esto en el CER-5 de Boston Scientific Heredia. En la sesión participaron los miembros principales que conforman el equipo oficial de trabajo estipulado en Boston Scientific. Además, se expuso cada una de las ideas a los operarios para tener su aprobación y retroalimentación en cuanto a factibilidad técnica y operativa.

Con las dieciséis ideas aportadas por el equipo de trabajo de Boston Scientific, se desarrollará un diagrama de causa efecto para poder segregirlas y poder tener mejor visibilidad -de cada una de ellas.

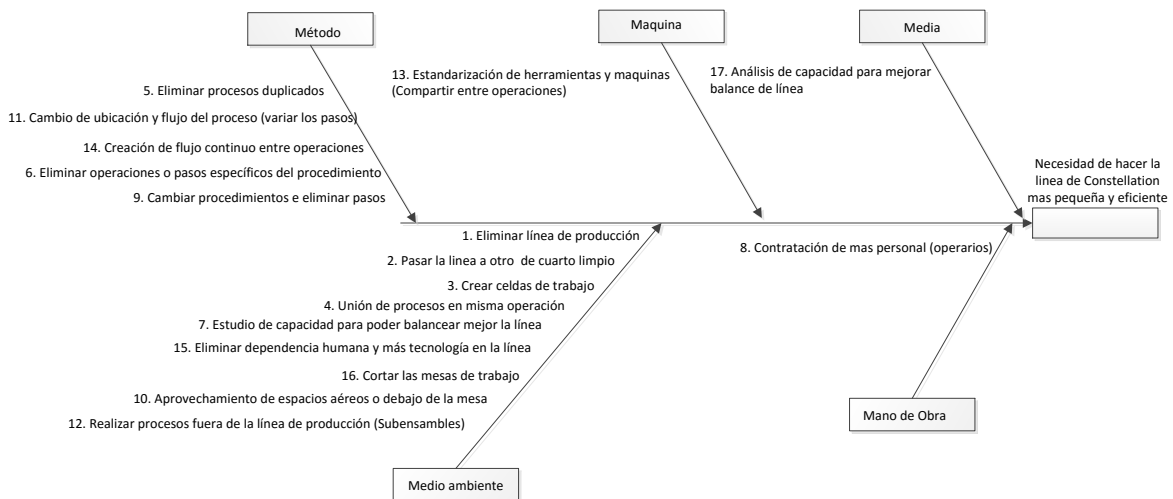


Ilustración 7. Diagrama causa y efecto para el movimiento de línea Boston Scientific. Fuente Boston Scientific

Además se elaboró una matriz de decisión con cada una de las posibles soluciones para poder ponderarlas, para ello se utilizó la guía estándar usada en la compañía, dicha guía está referenciada en el marco teórico del capítulo 3. Cada una de las métricas tiene un valor, donde uno es la calificación más baja y 3 el valor con más alta calificación que podría tener cada una de ellas.

Se eligen las métricas de Calidad, Servicio, Costo, Tiempo y Beneficio debido a que son las métricas más relevantes para la compañía.

- Calidad: Dichas acciones no deben poner en riesgo la calidad de cada dispositivo, por ende, la calidad en el cuidado del paciente
- Servicio: Las actividades por realizar no deben poner en riesgo el servicio al cliente o detener la línea en ningún momento.
- Costo: Ninguna actividad por realizarse en la línea de producción debe encarecer los procesos de manufactura.
- Tiempo: El proyecto debe realizarse en el tiempo sugerido por el equipo de trabajo, para este caso del 8 al 16 de abril para poder aprovechar la Semana Santa y no impactar la métrica de servicio.
- Beneficio: Cualquiera de las actividades por trabajar en el equipo de trabajo deben retribuir beneficios asociados a las 5 métricas establecidas para las líneas de trabajo (Calidad, Servicio, Scrap, Tiempo de Ciclo y Eficiencia).

La siguiente tabla muestra cada una de las ideas trabajadas con el grupo de trabajo, además sobresalen marcadas en color negro y con ranking -en color rojo las posibles soluciones con las cuales se trabajó, esto por decisión de la gerencia, ya que son ideas que además de tener el ranking más alto, son ideas que tienen un mayor impacto en la línea de producción del CER-5 de Boston Scientific Costa Rica.

<b>Matriz de decisión</b>	<b>Calidad</b>	<b>Servicio</b>	<b>Costo</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Beneficio</b>	<b>Ranking</b>
1. Eliminar la línea de producción	1	1	1	1	1	5
2. Pasar la línea a otro cuarto limpio	1	1	1	1	2	6
8. Contratar más personal	1	2	1	1	1	6
16. Cortar mesas de trabajo	1	1	2	2	1	7
3. Crear celdas de trabajo	2	2	1	1	2	8
9. Cambiar procedimientos e eliminar pasos	1	2	2	1	2	8
15. Eliminar dependencia humana y más tecnología en la línea	3	3	1	1	3	11
<b>4. Unión de procesos en misma operación</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>12</b>
<b>6. Eliminar operaciones o pasos específicos del procedimiento</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>12</b>
<b>5. Eliminación de procesos duplicados</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>13</b>
<b>10. Aprovechamiento de espacios aéreos o debajo de la mesa</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>13</b>
<b>11. Cambio de ubicación y flujo del proceso (variar los pasos)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>13</b>
<b>12. Realizar procesos fuera de la línea de producción (Subensambles)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>13</b>
<b>14. Creación de flujo continuo entre operaciones</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>14</b>
<b>7. Estudio de capacidad para poder balancear mejor la línea</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>15</b>
<b>13. Estandarización de herramientas y maquinas (Compartir entre operaciones)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>15</b>

**Ilustración 8. Matriz de decisión de las ideas propuestas. Fuente Boston Scientific**

Debido a una decisión empresarial, se decide trabajar con las alternativas mayores a 12 puntos debido a su complejidad y posible impacto en el proyecto.

## **4.2 Flujo actual de la línea de producción de Constellation.**

Como parte del análisis, se realizó una revisión del flujo actual de la línea para poder tener una mejor visibilidad de los pasos que tiene el ensamble del producto, así como los nombres que conforman oficiales de las operaciones en la línea de producción.

- 0010 Ring Cleaning
- 0020 Spot Welding
- 0030 Spline Tube Set Assembly
- 0040 Winding
- 0050 Necking
- 0060 Tip Assembly
- 0070 Catheter Main Body Assembly
- 0080 Spline Assembly and Spot Welding

- 0090 Laser Etch
- 0100 Glue and Silicone
- 0110 Solder and Test
- 0120 Ultrasonic Weld
- 0130 Print, Tray Seal, Label and Inspect
- 0140 Print Carton and Inspect
- 0150 Boxing
- 0160 eDHR

### 4.3 Grafico del flujo del producto Constellation

Se muestra el flujo del producto con las dieciséis operaciones que completan el proceso productivo de Constellation, con el objetivo de tener una mejor visibilidad en cuanto a la secuencia de pasos de la línea de producción y se marcan en color verde las operaciones que tienen 4 estaciones físicas, es decir, cuatro mesas y en color rojo las que tienen dos. Esto con el fin de poder identificar las oportunidades encontradas en la línea de producción, además cuantificar las estaciones de la línea actual.

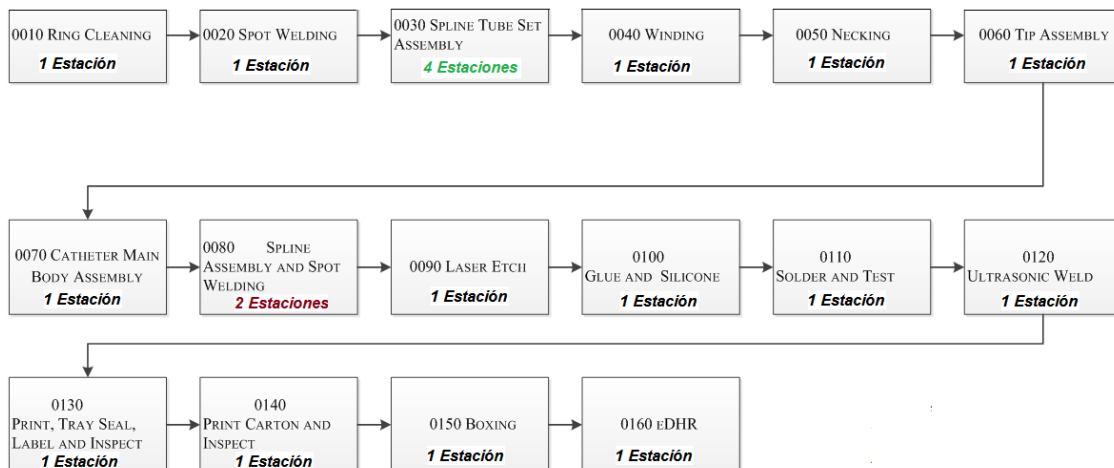


Ilustración 9. Flujo de la línea actual de Constellation. Fuente Boston Scientific

#### **4.4 Análisis de actividades operaciones duplicadas**

Con base en la sesión de lluvia de ideas que se realizó, se trabajó con el Departamento de Ventas y Planeación en la alternativa de eliminar operaciones duplicadas, ya que fue una de las ideas que surgieron en la sesión. Se realizó una proyección en cuanto a ventas de producto en los siguientes meses para poder entender el comportamiento o aceptación del producto en el mercado. Se realizó para los próximos dieciocho meses, a partir de diciembre 2016, ya que es la cantidad máxima de tiempo para realizar proyecciones en cuanto a ventas, debido a que los sistemas corporativos están diseñados para una proyección máxima de esa cantidad de meses. Para este caso se utilizaron los sistemas de información integrados de gestión empresarial, Systeme Anwendungen und Produkte SAP y Rapid Response factors, utilizados para la planificación de recursos empresariales. Dicha proyección se realizó a partir de diciembre 2016, y arrojó el resultado de una demanda superior a las 100 unidades mensuales de enero a mayo 2017, presentando una caída en los requerimientos a partir de junio 2017 como lo muestra el siguiente gráfico de proyección de ventas.

## Gráfico de proyección de ventas de Constellation

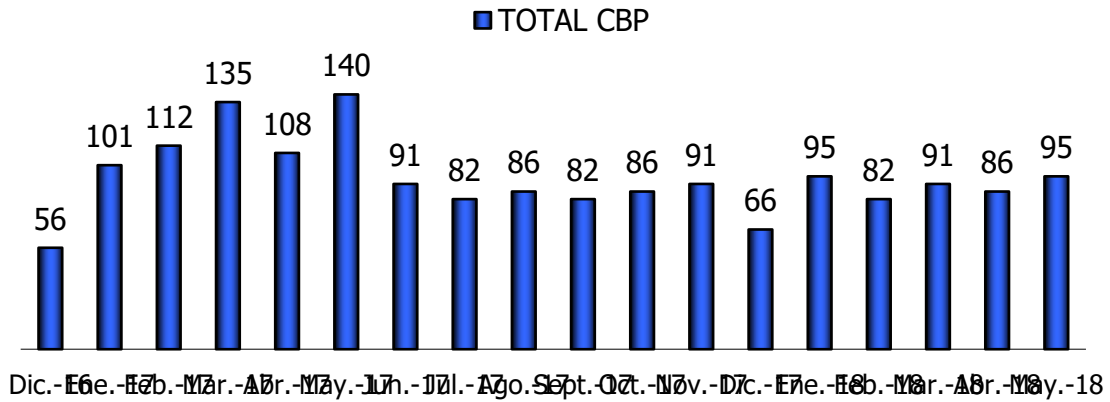


Ilustración 10. Gráfico de proyección de ventas del dispositivo de Constellation. Fuente Boston Scientific

Bajo el panorama de los próximos 18 meses, mostrado gráficamente, se evidencia la posibilidad de eliminar las operaciones duplicadas de Spline Tube Assembly y Spline Spot Wel de inicio y final de línea, como lo muestra la tabla de abajo, ya que por capacidad productiva no son necesarias tenerlas habilitadas.

La siguiente tabla muestra el orden de las operaciones, así como las operaciones anteriormente mencionadas en color rojo con amarillo para poder diferenciarlas. En la columna de balance, dichas operaciones muestran una capacidad máxima por encima de las 6,5 unidades requeridas, esto demuestra que son operaciones que se les podría restar capacidad. Además, en la columna de cantidad de operaciones, se muestra que físicamente tiene más de una estación, lo cual respalda la posibilidad de eliminar las operaciones que por demanda no son requeridas.





Nombre de la operación	Cantidad de operadores	Cantidad de operaciones físicas (mesas de trabajo)	Medida de la mesa	Tiempo de ciclo	Unidades por hora	Unidades por turno	Capacidad máxima	Balance
					3600s / Tiempo de ciclo	Unidades por hora x 8,67 (Hora laboradas)	Unidades por turno x cantidad de operaciones	Capacidad máxima x cantidad de operadores
Ring Cleaning	0,25	1	96"	1060	3,40	29,45	29,45	7,36
Spot Welding	0,44	1	96"	1883	1,91	16,58	16,58	7,29
<b>Spline Tube Set Assembly</b>	<b>1,9</b>	<b>4</b>	<b>96"</b>	<b>8426</b>	<b>0,43</b>	<b>3,70</b>	<b>14,82</b>	<b>28,15</b>
Winding	0,24	1	72"	1055	3,41	29,58	29,58	7,10
Necking	0,93	1	72"	4013	0,90	7,78	7,78	7,23
Tip Assembly	0,19	1	48"	789	4,56	39,56	39,56	7,52
Catheter Main Body Assembly	0,32	1	48"	1420	2,54	21,98	21,98	7,03
<b>Spline Assembly and Spot Welding</b>	<b>0,42</b>	<b>2</b>	<b>96"</b>	<b>1819</b>	<b>1,98</b>	<b>17,16</b>	<b>34,32</b>	<b>14,41</b>
Laser Etch	0,19	1	48"	825	4,36	37,83	37,83	7,19
Glue and Silicone	0,04	1	60"	180	20,00	173,40	173,40	6,94
Solder and Test	0,62	1	60"	2844	1,27	10,97	10,97	6,80
Ultrasonic Weld	0,46	1	72"	2107	1,71	14,81	14,81	6,81
Print, Tray Seal, Label and Inspect	0,01	1	72"	24	150,00	1300,50	1300,50	13,01
Print Carton and Inspect	0,01	1	72"	24	150,00	1300,50	1300,50	13,01
Boxing	0,05	1	72"	200	18,00	156,06	156,06	7,80
eDHR	0,01	1	48"	23	156,52	1357,04	1357,04	13,57
			<b>Total 1504"</b>					

Tabla 11. Tabla de operaciones de la línea de Constellation. Fuente Ingeniero Uriel Lobo Barquero

Además, existen otras operaciones que tienen una capacidad máxima de 6,5 unidades que no están siendo tomadas en el análisis; esto a raíz que son operaciones que aunque tienen una capacidad mayor a la requerida, son operaciones que físicamente solo tienen una estación física lo cual hace imposible poder eliminar o comprimir.

Todo esto bajo el respaldo del análisis mostrado anteriormente con el departamento de planeación y ventas donde nos indican una demanda no mayor a 140 unidades mensuales lo cual es equivalente a 6,5 unidades diarias en 1 turno de producción.

Además de eliminar las estaciones físicamente y hacer la línea más fluida, ya que actualmente el producto pasa por cada una de las estaciones hasta llegar a su empaque final donde el producto recorre 1504'' (pulgadas) lineales.' se podría eliminar 288'' (pulgadas) lineales a lo largo de línea de producción lo cual es equivalente al 19% del transporte total que hace una unidad de Constellation, a lo largo de la línea de producción.

La siguiente tabla muestra el orden de las operaciones y marca en color amarillo con rojo las operaciones de Spline Tube Ser Assembly y Spline Assembly And Spot Welding por eliminar.

Nombre de la operación	Cantidad de operaciones físicas (mesas de trabajo)	Medida de la mesa	Cantidad de mesa a eliminar
Ring Cleaning	1	96"	
Spot Welding	1	96"	
<b>Spline Tube Set Assembly</b>	<b>4</b>	<b>96"</b>	<b>2</b>
Winding	1	72"	
Necking	1	72"	
Tip Assembly	1	96"	
Catheter Main Body Assembly	1	48"	
<b>Spline Assembly and Spot Welding</b>	<b>2</b>	<b>96"</b>	<b>1</b>
Laser Etch	1	48"	
Glue and Silicone	1	60"	
Solder and Test	1	60"	
Ultrasonic Weld	1	72"	
Print, Tray Seal, Label and Inspect	1	72"	
Print Carton and Inspect	1	72"	
Boxing	1	72"	
eDHR	1	48"	
		<b>Total 1504"</b>	Eliminar 288"
<b>Total a eliminar 19%</b>			

Tabla 2. Tabla de operaciones que se propone eliminar. Fuente Uriel Lobo Barquero

A partir de la posibilidad de hacer la línea más pequeña y eficiente, se realiza un análisis de los cinco porqués para determinar la razón por la cual, la línea de Constellation tiene más operaciones de las requeridas para manufacturar el volumen.

## 5 Porques

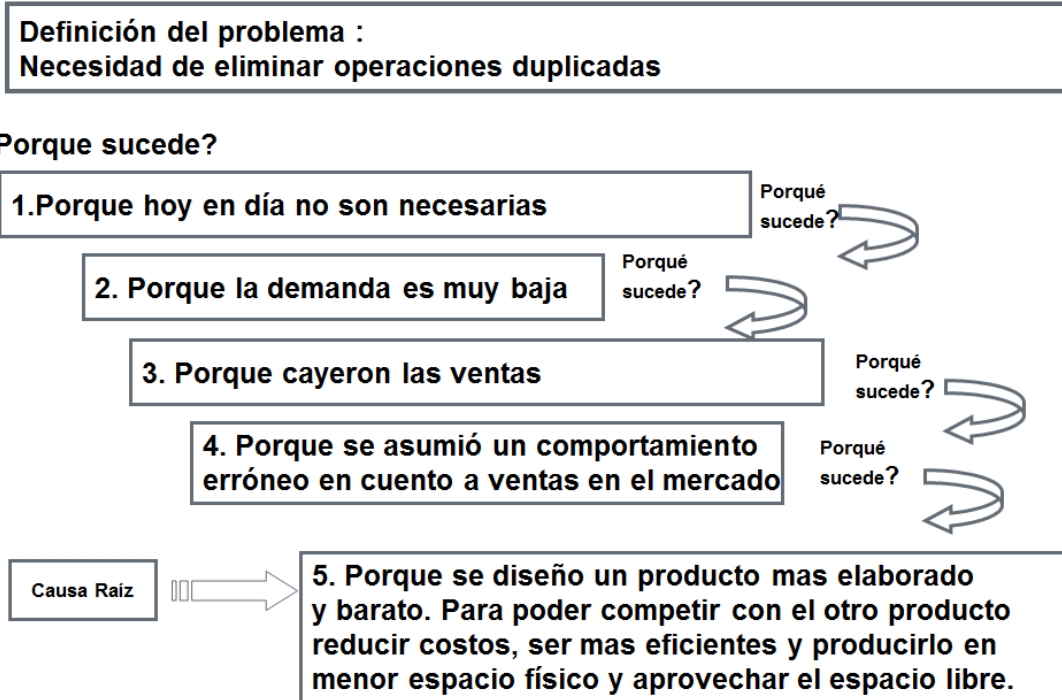


Ilustración 12. Análisis de 5 porqués. Elaboración propia

Por tanto, con base en lo anterior, la línea de Constellation cuenta con más capacidad productiva de lo requerido, lo que deja en evidencia la necesidad de comprimir la línea de producción sin tener impacto en la demanda, para poder aprovechar el espacio libre en otros productos y hacer la línea más eficiente, al eliminar el transporte que tiene el producto a lo largo de la línea de producción.

El siguiente plano del piso CER-5 de Boston Scientific, muestra en color verde las operaciones que se plantean eliminar. Esto con el objetivo de tener una mejor visibilidad del estado actual de la línea de Constellation y la posibilidad de eliminar operaciones que por capacidad productiva podrían eliminarse.

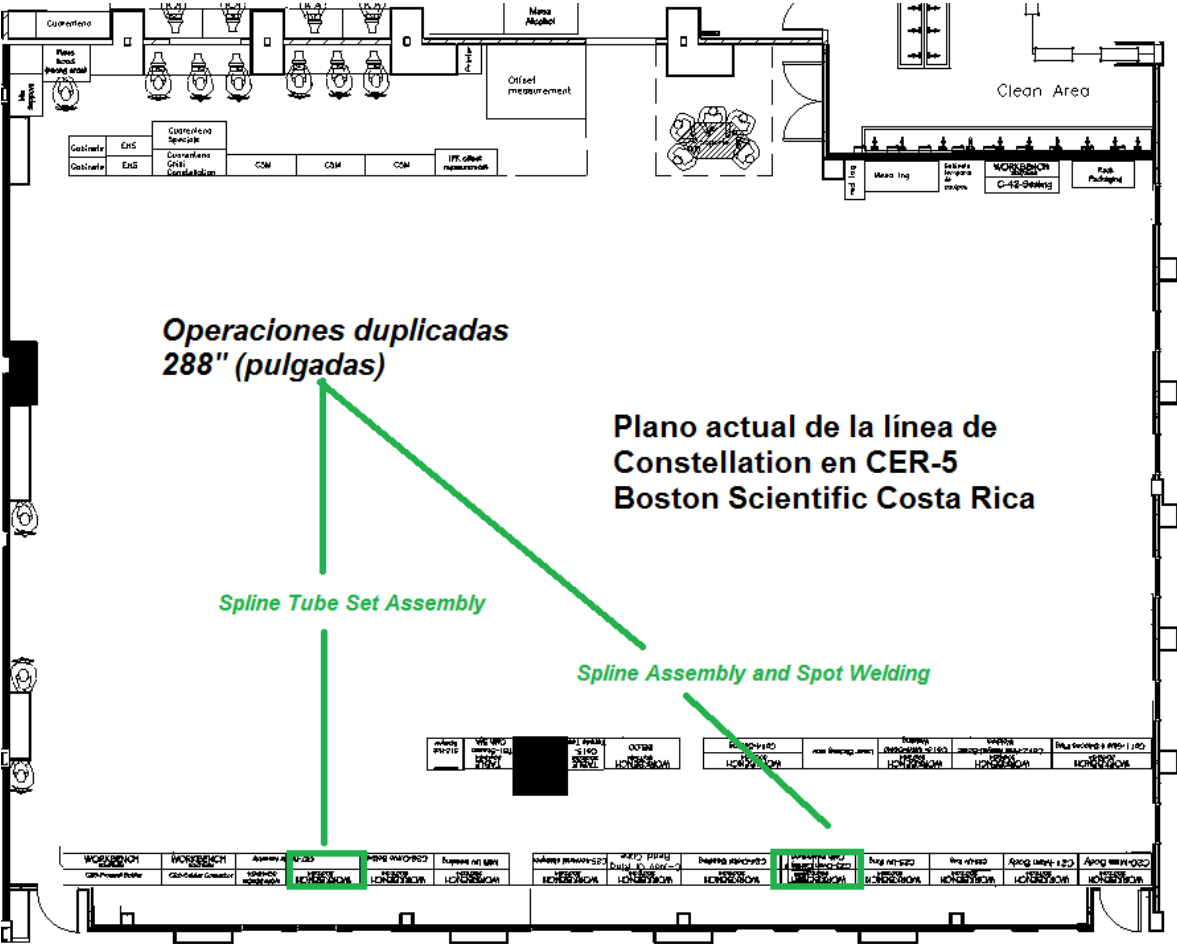


Ilustración 13. Plano actual del CER-5 con la línea de Constellation. Elaboración propia

### 4.5 Unión de procesos en misma operación

Además de eliminar operaciones duplicadas debido al bajo volumen en el futuro, se observó algunas operaciones con un tiempo de ciclo bajo lo cual hace –la línea de

producción aún más flexible al dejar en evidencia la oportunidad de unir procesos rápidos que físicamente lo permita.

Según el acuerdo técnico del equipo de trabajo, para poder unir 2 procesos en la manufactura, las operaciones deben cumplir una serie de requisitos por ejemplo:

1. Deben ser operaciones contiguas
2. El tiempo de ciclo de ambas operaciones sumada debe ser igual o menor al tiempo de ciclo de la operación cuello de botella. Esto para no afectar la capacidad productiva de la línea
3. Ambas operaciones deben ser procesos manuales sencillos con el fin de no hacer una operación compleja en el futuro.

Todas aquellas operaciones que no cumplan con los 3 requisitos anteriormente mencionados, no podrán unirse, ya que no se pueden unir operaciones que no estén seguidas a las otras, ya que el material debe cumplir el flujo normal del proceso. Operaciones con alto tiempo de ciclo o que físicamente el proceso no lo permita y cuenten con restricción como equipos especiales.

La siguiente tabla resume el orden de las operaciones, donde resalta en color negro las operaciones que eventualmente se unirán, en color amarillo la operación cuello de botella con 8426 segundos. Además, se detalla la cantidad de mesas con su respectiva medida en pulgadas y el tiempo final del proceso, una vez que estén unidos.

Nombre de la operación	Cantidad de operaciones físicas (mesas de trabajo)	Medida de la mesa	Tiempo de ciclo	Tiempo total en segundos uniendo ambos procesos	Cumplen requisitos
<b>Al sumar el tiempo de las 2 operaciones; debe ser igual o menor a 8426 segundos (Spline tube set Assembly).</b>					
Ring Cleaning	1	96"	1060	2943	Sí
Spot Welding	1	96"	1883		
Spline Tube Set Assembly	4	96"	8426		
Winding	1	72"	1055	2209	No
Necking	1	72"	4013		No
Tip Assembly	1	48"	789		Sí
Catheter Main Body Assembly	1	48"	1420	3024	Sí
Spline Assembly and Spot Welding	2	96"	1819		
Laser Etch	1	48"	825		
Glue and Silicone	1	60"	180	3024	Sí
Solder and Test	1	60"	2844		
Ultrasonic Weld	1	72"	2107		
Print, Tray Seal, Label and Inspect	1	72"	24		
Print Carton and Inspect	1	72"	24		
Boxing	1	72"	200		
eDHR	1	48"	23		
			<b>Total 1504"</b>		
			Eliminar 204"		
			14%		

**Tabla 3. Tabla de operaciones a unirse. Elaboración propia**

Como se pudo observar en la tabla, las operaciones cumplen con las restricciones necesarias para unirse. Además, generan el beneficio de 204'' pulgadas lineales lo cual son necesarias para la liberación de espacio además del beneficio adicional de 14% del transporte de cada unidad a lo largo de la línea de producción.

El siguiente gráfico de trabajo muestra el flujo de las operaciones de la línea actual de Constellation, donde actualmente todas las operaciones están por debajo del takt time con un total de 5421 segundos. Además, se puede observar que las operaciones que se planean unir, tienen un tiempo total menor a la operación cuello de botella llamada spline tube, la cual se muestra gráficamente en rojo.



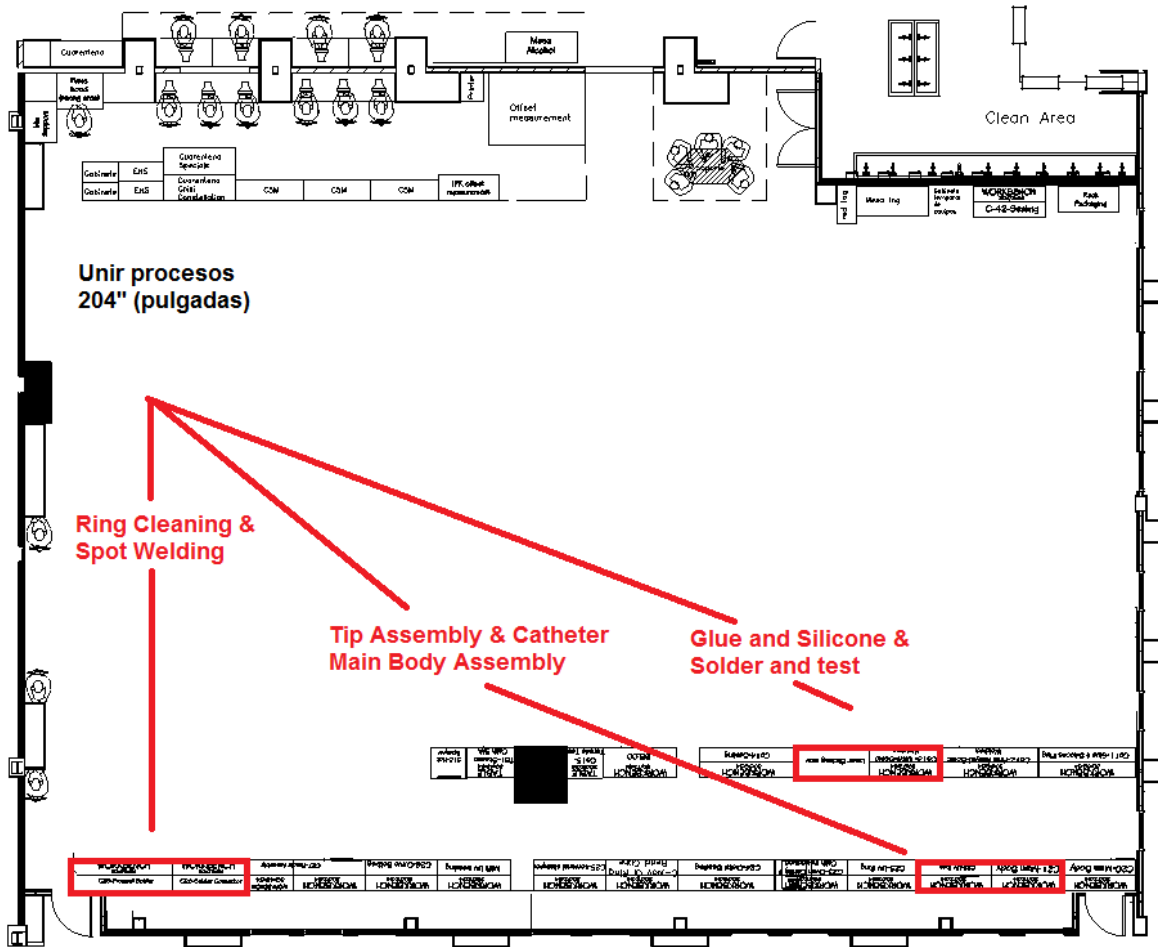


Ilustración 16. Plano actual del CER-5 con la línea de Constellation con la unión de operaciones de bajo tiempo de ciclo. Elaboración propia

#### 4.6 Cambio de ubicación y flujo del proceso con otras líneas

Adicional, se realizaron caminatas con el equipo de trabajo para modelar los cambios antes mencionados y se pudo identificar similitud de procesos con la línea de producción que se encuentra al lado de la de Constellation; llámese similitud en método y procedimiento lo cual hace que la línea de producción sea aún más flexible al explorar la posibilidad de unir el proceso de empaque con la línea de Diagnostics.

En total, se realizaron 5 caminatas a lo largo de la línea de producción bajo el sistema de probabilidad por conveniencia, debido a que las agendas de cada miembro del grupo de trabajo es un poco apretada para poder reunirse con mayor regularidad, además para poder

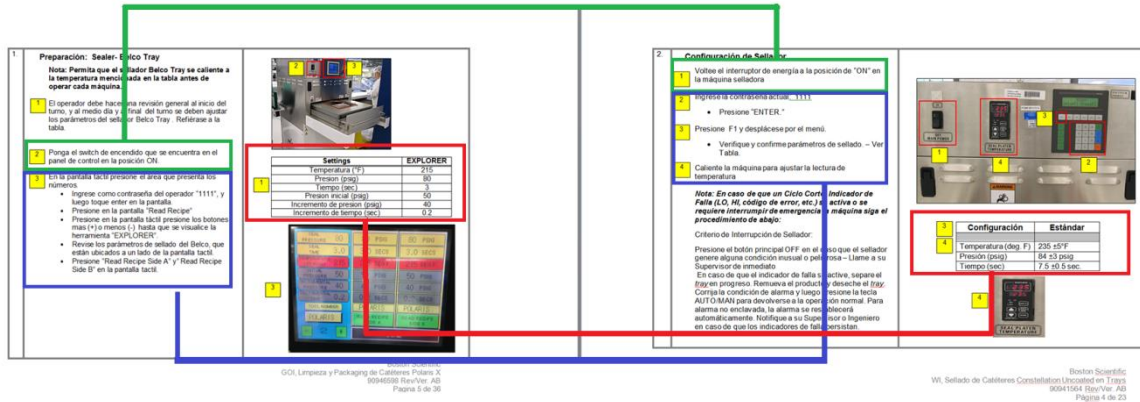
modelar los cambios según el resultado de cada una de las caminatas o poder identificar nuevas oportunidades de mejora para la línea de producción.

<b>DIAGNOSTICS - Asistencia</b>						
Departamento	Nombre del miembro de equipo de trabajo	Fecha de la reunión				
		1-Dec	8-Dec	15-Dec	22-Dec	1-Jan
Supervisor de producción	Diana Mena	P	P	P	P	E
Ing. Calidad	Byron Cespedes	P	P	P	P	P
Ing. Industrial	Uriel Lobo	P	P	P	P	P
Entrenamiento	Katherine Guerra	P	P	P	P	P
Ing. Manufactura	Christian Wild	P	P	P	P	P
Ing. Equipos	Allan Rojas	P	p	p	p	p
<b>Opcionales</b>						
Seguridad ocupacional	Kimberly Aguirre	P	P	E	P	E
Planner	Ana Paola Valverde	P	E	P	E	p
<b>Asistencia</b>		<b>100%</b>	<b>99%</b>	<b>99%</b>	<b>86%</b>	<b>98%</b>

Tabla 1. Tabla de asistencia a reunión de presentación del proyecto. Elaboración propia

Según lo anterior, conforme se realizaron las caminatas se pudieron observar similitud en los procesos de empaque, en los cuales, acto seguido, se procedió con el análisis de los procedimientos con el objetivo de encontrar pasos que aplicaran para los productos de Constellation y Diagnostics. Se encontraron varios equipos y pasos los cuales encajan perfectamente con el objetivo del grupo de trabajo.

A continuación unos extractos del procedimiento 90941564 del sellado de catéteres de Constellation, páginas 4 a 5, y del procedimiento 90946598 de limpieza y packaging del catéter de Polaris x en las páginas 5 y 6, donde se comparan características del equipo de sellado, llamado en ambos procedimiento de manufactura.



**Ilustración 17. Tabla de comparación de procedimientos. Fuente Boston Scientific**

Como lo se muestran en las imágenes anteriores. Ambos procedimientos comparten pasos específicos asociados con cada color.

**Verde:** Ponga el switch de encendido que se encuentra en el panel de control en la posición ON

**Verde:** Ponga el switch de encendido que se encuentra en el panel de control en la posición ON.


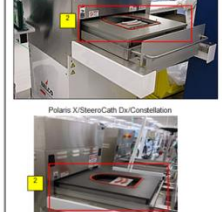
**Azul:**

- Ingrese como contraseña del operador “1111”, y luego toque enter en la pantalla.
- Presione en la pantalla “Read Recipe”
- Presione en la pantalla táctil presione los botones más (+) o menos (-) hasta que se visualice la herramienta “EXPLORER”.
- Revise los parámetros de sellado del Belco, que están ubicados a un lado de la pantalla táctil. (cambian según producto)
- Presione “Read Recipe Side A” y” Read Recipe Side B” en la pantalla táctil

**Rojo:** Parámetros con los cuales el equipo debe operar.

La comparación de las siguientes imágenes, muestran la exactitud de las máquinas de sellado las cuales están habilitadas para empacar ambos productos.

Utilizan el mismo modelo de equipo de sellado.

<p><b>3 Preparación: Sealer- Belco Tray</b></p> <p><b>1</b> Permita que el equipo caliente hasta que la lectura de temperatura actual alcance la lectura de temperatura que se fig.</p> <p><b>2</b> Revise el empaque de hule en el tray nest por contaminación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con un vapor con alcohol, limpie el tray nest y el cartapego.</li> <li>• Revise que todos los empaques luego de la limpieza permanezca en su lugar.</li> <li>• Haciendo uso de un vapor seco, limpie el empaque de hule hasta que ya no haya presencia de gotas.</li> <li>• Confirme que los pin de posición de la base Trayvix se encuentran asegurados y limpios.</li> </ul> <p><b>Nota:</b> Si el estado es en Start Cycle, se activa un indicador de falla (temperatura, presión, Etc) o es necesario detener de emergencia un equipo, se requiere seguir el procedimiento a continuación.</p> <p>Oferte para detener el sellador:</p> <p><b>1</b> Presione el botón parada de emergencia inmediatamente en caso de que el sellador cree alguna condición inusual o peligrosa. Avise al supervisor inmediatamente.</p> <p><b>2</b> En caso de que un indicador de falla se active:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siga el tray en progreso.</li> <li>• Remueva el producto y descarte el tray.</li> <li>• Compruebe la condición de la alarma y presione "N" para volver a las condiciones de operación normal.</li> <li>• Notifique al supervisor e ingrese si el indicador falla persiste.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Polaris X/SteerCath Dx/Constellation</b></p>  <p style="text-align: right;"><small>Boston Scientific VM, Sellado de Cateters Constellation, Uncoupled on tray 90941564 Rev/Ver. AD Página 5 de 25</small></p>
<p><b>2 Preparación: Sealer- Belco Tray</b></p> <p><b>1</b> Permita que el equipo caliente hasta que la lectura de temperatura actual alcance la lectura de temperatura que se fig.</p> <p><b>2</b> Revise el empaque de hule en el tray nest por contaminación.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con un vapor con alcohol, limpie el tray nest y el cartapego.</li> <li>• Revise que todos los empaques luego de la limpieza permanezca en su lugar.</li> <li>• Haciendo uso de un vapor seco, limpie el empaque de hule hasta que ya no haya presencia de gotas.</li> <li>• Confirme que los pin de posición de la base Trayvix se encuentran asegurados y limpios.</li> </ul> <p><b>Nota:</b> Si el estado es en Start Cycle, se activa un indicador de falla (temperatura, presión, Etc) o es necesario detener de emergencia un equipo, se requiere seguir el procedimiento a continuación.</p> <p>Oferte para detener el sellador:</p> <p><b>1</b> Presione el botón parada de emergencia inmediatamente en caso de que el sellador cree alguna condición inusual o peligrosa. Avise al supervisor inmediatamente.</p> <p><b>2</b> En caso de que un indicador de falla se active:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Siga el tray en progreso.</li> <li>• Remueva el producto y descarte el tray.</li> <li>• Compruebe la condición de la alarma y presione "N" para volver a las condiciones de operación normal.</li> <li>• Notifique al supervisor e ingrese si el indicador falla persiste.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Polaris X/SteerCath Dx/Constellation</b></p>  <p style="text-align: right;"><small>Boston Scientific GOL Limpieza y Packaging de Cateters Polaris X 90946598 Rev/Ver. AD Página 6 de 26</small></p>

**Ilustración 18. Tabla de comparación de procedimientos. Fuente Boston Scientific**

Con base en las imágenes anteriores de los procedimientos 90941564 del sellado de catéteres de Constellation y 90946598 de limpieza y packaging del catéter de Polaris se puede identificar que ambos procesos utilizan el mismo equipo de sellado además que los pasos para cada procedimiento son similares; lo cual respalda la alternativa de unir ambos procesos y eliminar el de la línea de Constellation.

Además, realizar la unión de procesos colabora con la reducción de espacio ya que actualmente las operaciones de empaque tienen 264’’ lineales y contemplan el 24% del transporte total de la operación lo cual beneficia la línea de producción al poder reducir el transporte de producto

La siguiente tabla resume las dimensiones de cada operación de la línea de producción actual, se marca en color rojo las operaciones que se eliminarían del flujo actual para realizarse en otra línea de producción.




Nombre de la operación	Cantidad de	Medida de la	Tiempo de ciclo	Cantidad de mesa a eliminar
				
Ring Cleaning	1	96"	1060	
Spot Welding	1	96"	1883	
<b>Spline Tube Set Assembly</b>	<b>4</b>	<b>96"</b>	<b>8426</b>	
Winding	1	72"	1055	
Necking	1	72"	4013	
Tip Assembly	1	48"	789	
Catheter Main Body Assembly	1	48"	1420	
Spline Assembly and Spot Welding	2	96"	1819	
Laser Etch	1	48"	825	
Glue and Silicone	1	60"	180	
Solder and Test	1	60"	2844	
Ultrasonic Weld	1	72"	2107	
<b>Print, Tray Seal, Label and Inspect</b>	<b>1</b>	<b>✘ 72"</b>	<b>24</b>	<b>1</b>
<b>Print Carton and Inspect</b>	<b>1</b>	<b>✘ 72"</b>	<b>24</b>	<b>1</b>
<b>Boxing</b>	<b>1</b>	<b>✘ 72"</b>	<b>200</b>	<b>1</b>
<b>eDHR</b>	<b>1</b>	<b>✘ 48"</b>	<b>23</b>	<b>1</b>
		<b>Total 1504"</b>		
		Eliminar 264"		
		18%		

Tabla 4. Tabla de operaciones que se realizarán en otra línea de producción. Elaboración propia

Basado en la información anterior, el siguiente plano del piso CER-5 de Boston Scientific, muestra en color rojo las operaciones que se planean unir. Esto con el objetivo de tener una mejor visibilidad del estado actual de la línea de Constellation y la posibilidad de unir operaciones que por capacidad productiva lo permiten.

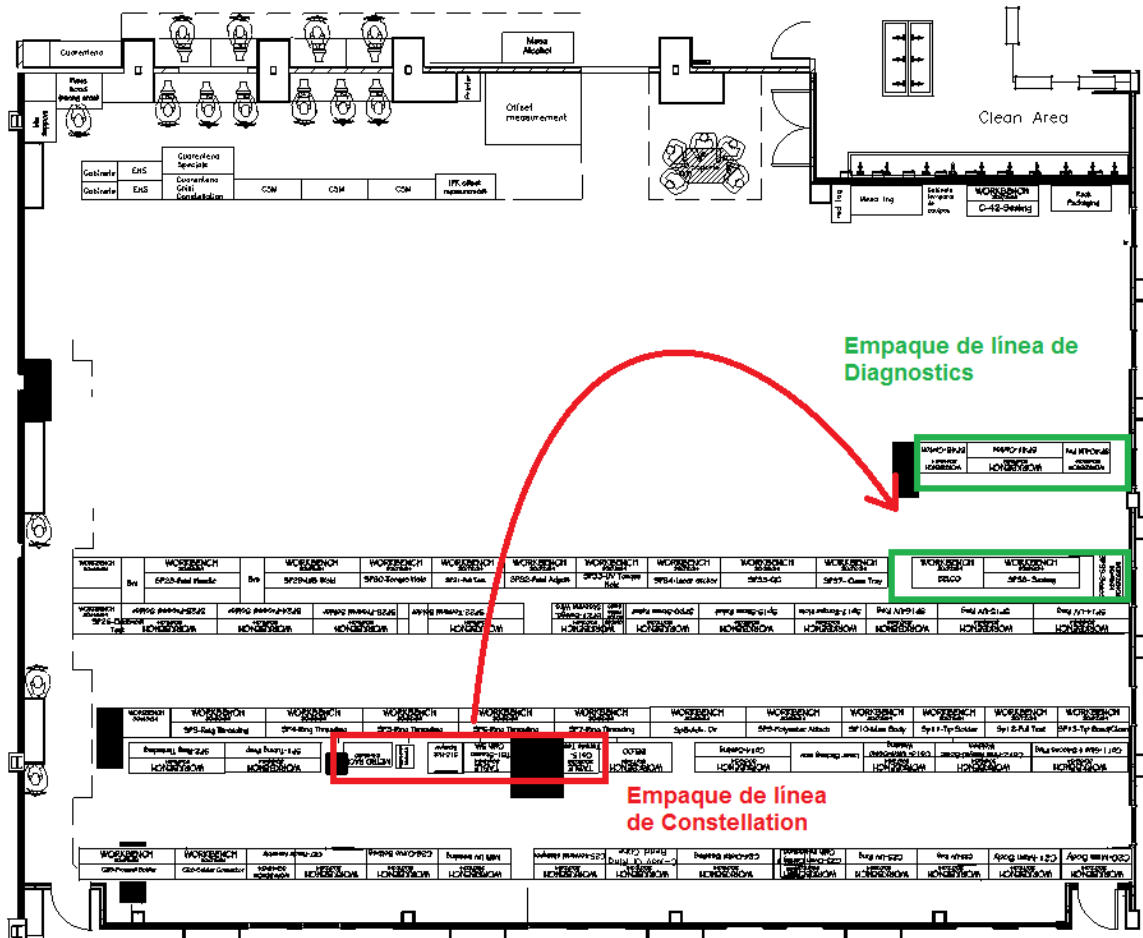


Ilustración 19. Plano actual del CER-5 con la línea de Constellation con la unión de operaciones de empaque. Elaboración propia

De acuerdo con el análisis anterior, a partir de las oportunidades de hacer la línea más pequeña y eficiente; se realiza un análisis de los 5 porqués para determinar la razón por la cual es necesario hacer unión de procesos con la línea de Diagnostics y la razón del porqué hoy se cuenta con una línea de producción con capacidad extra.

De acuerdo con lo anterior, se realiza el análisis del 5 porqués para identificar la razón por la cual, es necesario unir la estación de empaque de la línea de Constellation con el empaque de la línea de Diagnostics.

## 5 Porqués

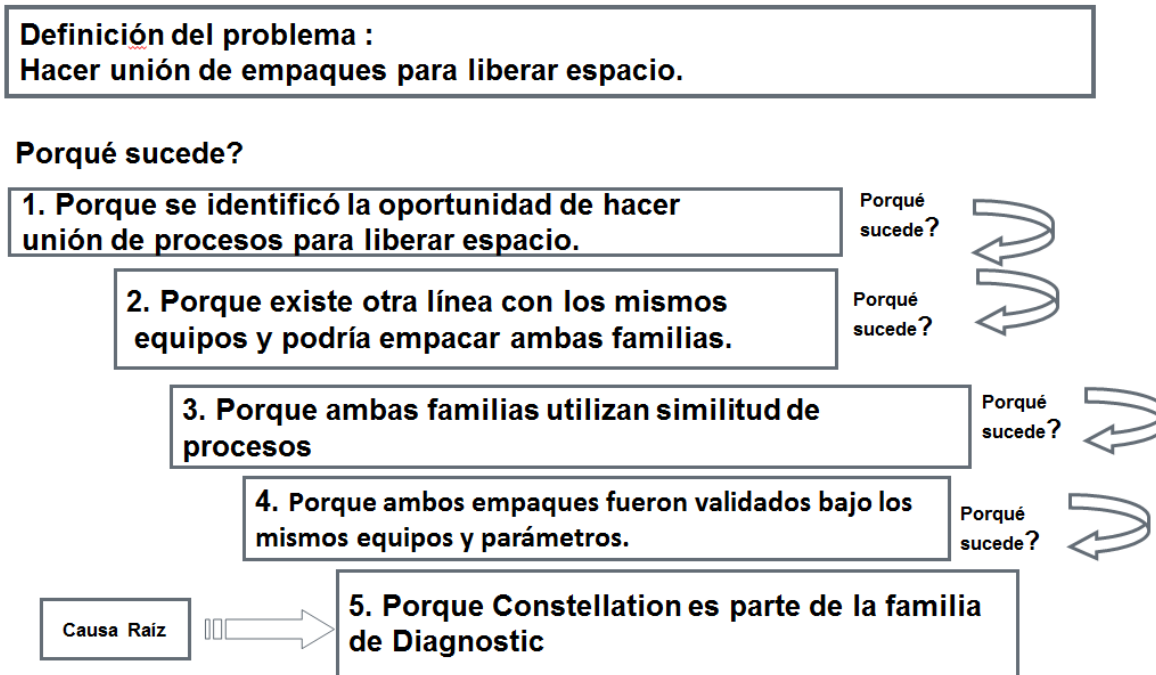


Ilustración 20. Análisis de 5 porqués. Elaboración propia

Según el análisis anterior, se puede identificar que ambos productos son parte de las mismas familias de dispositivos de diagnóstico. Esto hace que exista flexibilidad entre ambos empaques, respaldados por los procedimientos antes mencionados, donde deja en evidencia que se permita realizar dicho trabajo en la línea de producción actual.

## Capítulo 5 Diseño e implementación de la solución

### 5.1 Análisis e interpretación de datos

Según lo visto en el capítulo anterior, se plantea el rediseño de la línea de producción de Constellation con sus respectivas fases de trabajo y diseño para garantizar el éxito en esta. Dicha propuesta consta de una planificación en conjunto con un equipo de trabajo conformado por varios ingenieros, anteriormente mencionados basados en necesidad del

negocio de lanzamiento del nuevo producto, espacio físico y demanda de producción que consta del rediseño de la línea actual de Constellation haciéndola más pequeña, por ende más eficiente, y con ello, poder liberar el espacio necesario para la instalación de una nueva línea de producción.

Dichas fases de trabajo se detallan a continuación.

## 5.2 Estrategia de remoción de materia prima y herramientas

Para el día del movimiento de línea, previamente contratado el equipo de trabajo que moverá los equipos, mesas, sillas, herramientas y materia prima que se encuentre en la línea actual de producción, inicia el movimiento desde las 6:00 AM del día 8 de abril de 2017. Se inicia con el siguiente protocolo sugerido por la gerencia:

1. Liberar la línea de producción de materia prima, herramientas o producto terminado.

Se requiere remover materia prima, herramientas de trabajo y cualquier tipo de producto terminado que se encuentre en la estación de trabajo, con el fin de garantizar que no caigan al suelo o dañen en el proceso de movimiento. Se colocará en carritos de transporte como se muestra en la siguiente imagen y posteriormente se colocarán en algún espacio libre hasta que el movimiento de línea finalice.

Dichos carritos de material serán suministrados por el supervisor de producción del área de Constellation.



Ilustración 21. Carrito de materiales. Fuente Boston Scientific

2. Apagar equipos eléctricos.

Se apagarán todos los equipos eléctricos oprimiendo el swish de cada aparato, dicha labor será ejecutada por el técnico de equipo correspondiente al área de Constellation.

3. Desconexión de equipos eléctricos y mangueras de aire comprimido.

Para el movimiento de línea, es requerida la desconexión de cualquier aparato que esté ligado a facilidades de la empresa, ya sea aire, redes o electricidad. Esto porque para mover los equipos de la línea de producción, se necesita que no interrumpa ningún tipo de cableado. Se desconectarán uno a uno, sin importar el orden, y dicha labor será ejecutada por la empresa subcontratada para realizar el movimiento de línea.

Antes de proceder con la desconexión de aire, la circulación de aire será interrumpida cerrando la llave de paso de color rojo instalada en el poste eléctrico que se encuentra al inicio de la línea de producción.

### 5.3 Estrategia de calibración de equipos

Se realiza el levantamiento de la lista de equipos que requieren ser calibrados, esto con el fin de garantizar su funcionalidad antes del movimiento de línea, es decir poder garantizar que antes de tocar los equipos de trabajo, anteriormente han funcionado bajo los parámetros establecidos por el fabricante. Para ello, se debe completar un formulario 90892455. Ver AK de cambio de caracterización de equipos calibrados como se muestra en el anexo, esto solicitado al Departamento de Calibraciones. Dichas calibraciones se realizan a todos aquellos equipos que estén bajo el sistema de calibración de la compañía. Esto es un requisito por regulación médica y la lista fue levantada por el técnico en calibraciones de Boston Scientific

La siguiente tabla muestra los equipos que requieren calibración antes del movimiento de línea de producción.

Número de identificación	Nombre del equipo	Tiempo de calibración estimada en minutos
BSHRD140406	Spot Welder	30
BSHRD140404	Spot Welder	30
BSHRD140429	Spot Welder	30
BSHRD140665	Spot Welder	30
BSHRD140353	Branson	15
BSHRD140589	Branson	15
BSHRD141068	Chatillon Force Gage	15
BSHRD141207	Chatillon Test Stand	15
BSHRD141210	Try Sealer	20
BSHRD140145	Hot Staping	20
BSHRD140475	Hot Box	10
		<b>Total 230 minutos</b>

**Tabla 5. Tabla de equipos que requieren ser calibrados. Fuente Boston Scientific**

Con base en la tabla anterior, se procede con la calibración de los doce equipos. Dicha estrategia consta de calibrarlos minutos antes de moverlos. Que exista una ventana de tiempo donde no se manufacture ninguna unidad, ya que cualquier unidad que se manufacture después de la validación podría ser una unidad no conforme según los controles de manufactura y calidad de la empresa.

Después de la calibración de los equipos, se procede a pegar una etiqueta que indica la aceptación del equipo. Dicha tarea es realizada por el equipo de calibraciones de Boston Scientific Costa Rica. Además, es el entregable final de la calibración, ya que sin ella no hay garantía de la calibración y por requerimiento empresarial, no se puede mover el equipo sin la aprobación del Departamento de Calibraciones. En este caso, con la impresión de la etiqueta, es suficiente para poder respaldar dicha labor.

La siguiente etiqueta es un ejemplo del entregable por parte del Departamento local de Calibraciones.

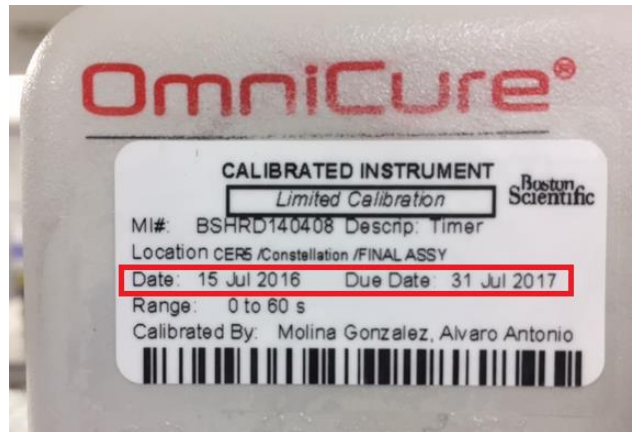


Ilustración 22. Fotografía de etiqueta de calibración. Fuente Boston Scientific

## 5.4 Movimiento físico de la línea de producción

El movimiento de la línea de producción consta de mover las mesas y equipos ubicados en la línea actual de Constellation para posteriormente colocarlos en la ubicación final propuesto en el trabajo.

Dicho movimiento se realizará de la siguiente manera:

1. Movimiento físico de mesas de producción que no tenga equipo eléctrico.

Se moverá a la nueva ubicación todas aquellas mesas o estaciones de trabajo que no tengan ninguna limitación como equipos eléctricos. Se moverá sujetándose entre 2 personas colocadas a cada extremo de la mesa para poder evitar lesiones musculares y rayones en el piso.

Dicha tarea será ejecutada por la empresa subcontratada para realizar el movimiento de línea

2. Migración de equipos a nueva ubicación física en la nueva línea de producción.

Se procederá de la siguiente forma:

- Se moverán los equipos eléctricos a las mesas anteriormente mencionadas, se moverán 1 a 1 entre 2 personas para poder evitar lesiones musculares y la integridad de los equipos eléctricos.

- Una vez colocados los equipos eléctricos en las mesas de trabajo, se moverán las mesas donde se encontraban originalmente los equipos eléctricos a la nueva ubicación de la línea de producción. Se moverán de la misma forma que se solicita en el punto 1.
- Posteriormente, se colorará cada equipo en la mesa donde originalmente estaba instalado, se alzarán entre 2 personas y se instalará en la nueva ubicación física.

Dichas tareas serán ejecutadas por la empresa subcontratada para realizar el movimiento de línea.

### 3. Conexión de equipo eléctrico, redes y aire comprimido

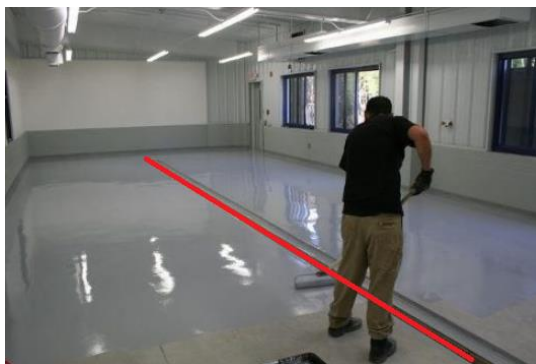
Se conectarán todos los equipos eléctricos, redes, aire comprimido en las mismas facilidades de la línea

Nota aclaratoria. La nueva línea de producción será instalada en el mismo espacio físico donde anteriormente se encontraba, cambia el orden de las estaciones y cantidad únicamente.

Dichas tareas serán ejecutadas por la empresa subcontratada para realizar el movimiento de línea.

### 4. Alineación de mesas de producción y unión de las mismas.

Se requiere alinear las mesas de trabajo para que se mantenga un orden perfecto de manera que seguirán la línea de piso cerámico, de inicio a fin, para lo cual será requerido colocar una cinta como distintivo de cualquier color para seguirla y poder alinear las mesas de producción como lo muestra la siguiente imagen con fines ilustrativos.



**Ilustración 23.** Fotografía con fines ilustrativos de cuarto limpio de producción. Fuente [www.google.com](http://www.google.com)

Dichas tareas serán ejecutadas por la empresa subcontratada para realizar el movimiento de línea.

5. Armar nuevamente la estación con materia prima, producto terminado y herramientas.

De la misma forma que fueron removidos las herramientas, materia prima y producto terminado, serán colocados nuevamente en la línea de producción nueva.

Se deberá ir al carrito de transporte y colocar todo aquello que se encuentra en el de la siguiente manera:

- Primeramente se colocarán los bins de herramientas en la nueva ubicación.
- Después se procede con la colocación de material prima en el punto de uso de cada estación de trabajo.
- Posteriormente, serán colocadas aquellas unidades de producto terminado que se encontraron inicialmente en las estaciones de trabajo.

Dichas tareas serán ejecutadas por la empresa subcontratada para realizar el movimiento de línea.

## **5.5 Conexión de equipos y Post Calibración.**

Según requerimiento regulatorio, es requerido después de cualquier movimiento la post calibración de equipos para garantizar su buen funcionamiento.

Dicha tarea se realiza de la misma manera que la pre calibración de equipos y es ejecutada por el Departamento de Calibraciones de Boston Scientific. Se calibrarán todos aquellos equipos que estén inscritos en el sistema corporativo de calibraciones. Para el caso de la línea de Constellation, serán calibrados los equipos de la siguiente tabla.

Número de identificación	Nombre del equipo	Tiempo de calibración estimada en minutos
BSHRD140406	Spot Welder	30
BSHRD140404	Spot Welder	30
BSHRD140429	Spot Welder	30
BSHRD140665	Spot Welder	30
BSHRD140353	Branson	15
BSHRD140589	Branson	15
BSHRD141068	Chatillon Force Gage	15
BSHRD141207	Chatillon Test Stand	15
BSHRD141210	Try Sealer	20
BSHRD140145	Hot Staping	20
BSHRD140475	Hot Box	10
		<b>Total 230 minutos</b>

**Tabla 6. Tabla con lista de equipos que requieren ser calibrados. Fuente Boston Scientific**

Con base en la tabla anterior, se procede con la post calibración de los 12 equipos, dicha estrategia consta de calibrarlos después de moverlos y se realiza de la misma manera que la pre calibración con la diferencia que se hace después del movimiento de equipos.

Después de la calibración de los equipos, se procede a pegar una etiqueta la cual indica la aceptación del equipo, dicha tarea es realizada por el equipo de calibraciones de Boston Scientific Costa Rica.

La siguiente etiqueta es un ejemplo del entregable por parte del departamento local de calibraciones después de la calibración.

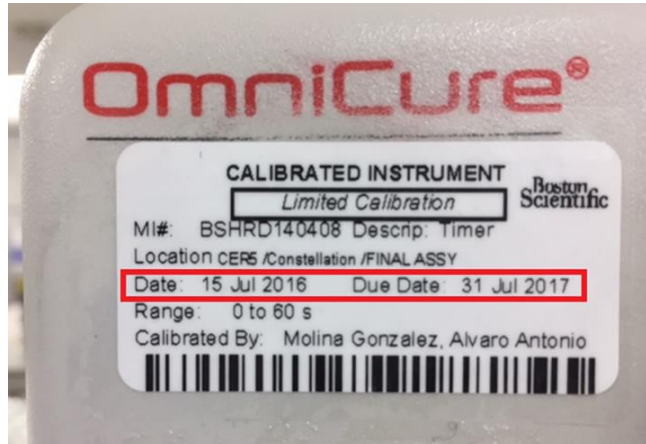


Ilustración 24. Fotografía de etiqueta de calibraciones. Fuente Boston Scientific

## 5.6 Estrategia de validación de equipos.

Se procede a levantar la lista de equipos a ser validados por parte del técnico de mantenimiento de área, esto con el fin de poder garantizar su buen funcionamiento técnico y revisión de parámetros. Dicha validación se realizará únicamente después del movimiento de línea por el técnico de mantenimiento del área junto con el ingeniero de manufactura responsable de los equipos. Dicha entregable consta de encender:

1. Encender el equipo de producción.

Se oprime el botón de encendido del equipo.

2. Revisar cada uno de los parámetros documentados en el manual del equipo.

Cada equipo debe tener su manual de funcionamiento, el técnico junto con el ingeniero de manufactura deben descargarlo en sus computadoras y seguir paso a paso el manual del fabricante y revisar los parámetros que en él se encuentren.

3. Documentar los parámetros en una lista de chequeo electrónica.

Cada parámetro debe documentarse en el sistema de validación corporativo como respaldo de la validación, esto por requerimiento regulatorio de la compañía.

4. Aprobación en el sistema por el ingeniero de manufactura y calidad.

Dicha tarea no es requerida antes del movimiento ya que la validación anterior respalda su funcionalidad además de los mantenimientos realizados por los técnicos ya sea mensual o anual según sus controles ya previamente estipulados por el fabricante es suficiente para

poder garantizar su buen funcionamiento. Después de la validación de los equipos el ingeniero de manufactura debe documentar los resultados en el sistema y dar su aprobación. Una vez finalizada la validación quedara completada la acción en el sistema.

La siguiente tabla muestra la lista de equipos que requieren correr la validación después del movimiento.

Nombre de equipo	Número de identificación	Número de validación	Tiempo estimado para validación del equipo
Spot Welder	90496448	90939314	90
Hot Box	90947045	90597939	90
Dual Blasting	90946553	90473993	70
Omnisure	90946442	90473992	10
Branson Welder	90945763	90473989	120
Belco	90946957	90939247	180
			Tatal de 560 minutos

**Tabla 6. Tabla de equipos que requieren validación después del movimiento de línea. Elaboración propia**

Según lo mostrado en la tabla anterior, dicha validación es realizada por el Departamento de Equipos y Manufactura, donde documentan los resultados en los reportes de validación de cada equipo y sometidas en el sistema corporativo llamado Product Data Management (PDM).

Como se observa en el siguiente ejemplo, al finalizar el movimiento de línea se debe ejecutar la validación de cada equipo donde se revisará el buen funcionamiento de cada equipo y parámetros. Posteriormente se documentaran en el sistema corporativo de mantenimiento y se podrá observar la finalización de la validación como lo muestra la siguiente imagen:

En el círculo color rojo se observa el status de completada junto con el nombre del ingeniero responsable de la validación, en color verde se muestra la fecha de efectividad que tuvo la validación.

**Request**

**Number:** 1349527  
**Created By:** [Oscar Ramirez Jimenez](#)  
**State:** **Completed**

**Created:** 28 May 2015 11:52 EDT  
**Location:** [ChangeItems](#)

**Brief Description:** (Orion) This CR is created in order to release the IVOTR document for the Orion Catheter tester 91013189 and update the IVOT 91034047 of Orion transfer in BSC, Heredia

**Justification:** (Orion) This CR is created in order to release the IVOTR for Orion Catheter tester 91013189. This CR is required in order to document the intended use and functionality expected of the equipment from the user, and the validation plan of the equipment, including equipment legal safety requirements (e.g., OSHA and CE Mark), irrespective of a possible software or hardware solution including related process inputs, outputs and design constraints. Also the IVOT 90034047 will be updated in order to delete the verification of the previous software version. Assign Effectivity date the same date that the CR is completed.

**Change Request Type:** Permanent  
**Product Group:**  
**Reason Codes:** Validation for Process / Equipment  
**Effective Date:** 01 Jun 2015 00:00 EDT  
**Disposition Cost:**

**Initiator Site:** Heredia  
**Workflow:** PDM SWIFT Workflow  
**Disposition Account:** [Reports](#)

[Signature History](#)

**CR Analysis (Status: Complete)**

---

**External Supporting/Reference Document(s)**

File Name	Format	File Size	Last Updated	Updated By
<a href="#">CR_1349527_DICE_13Jun2013.xlsm</a>	Office Excel 2007 macro-enabled workbook	795.01 KB	29 May 2015 17:47 EDT	<a href="#">Oscar Ramirez Jimenez</a>

**Windchill Supporting/Reference Documents**  
 [Referenced data that are relevant to this Change Request]

---

**Existing Product Data Versions**  
 [Referenced data that are relevant to this Change Request]

Apply Changes	Number	Doc Svcs Site	Name	Revision	Type
<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">91034047</a>	Heredia	Orion Catheter Tester IVOT	AA	BSCDocument

**Proposed Product Data Versions**  
 [Referenced data that are relevant to this Change Request]

Number	Doc Svcs Site	Name	Revision	Type	Disposition Code	Training Required	Change Type
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">91013189</a>	Heredia	Orion Catheter Tester	AA	BSCDocument	No Inventory Impact	NO	Released (alpha rev)
<input checked="" type="checkbox"/> <a href="#">91034047</a>	Heredia	Orion Catheter Tester IVOT	AB	BSCDocument	No Inventory Impact	NO	Released (alpha rev)

**Ilustración 25. Imagen con fines ilustrativos de una validación aprobada. Fuente Boston Scientific**

Ahora, con el fin de ejemplificar el entregable por parte del ingeniero de manufactura, según lo muestra la imagen anterior, se debe completar la validación y subir al sistema corporativo de mantenimiento. De esa forma finaliza la validación de los equipos. Importante recalcar que la imagen anterior fue tomada del sistema como ejemplo.

## 5.7 Cotización de mano de obra y facilidades eléctricas.

Para realizar el movimiento físico de la línea de producción, es requerido la subcontratación de una empresa externa para realizar los cambios. Se cotiza con 3 empresas externas con el fin de comparar el precio y calidad del trabajo. Dichas cotizaciones fueron realizadas por el encargado de facilidades de la empresa, ya que ellos son los encargados y responsables de subcontratar empresas serias y que conozcan del negocio.

A continuación, se adjuntan las cotizaciones de las empresas.

### 5.7.1 Cotización número 1

Compañía: VEGA VOLTIOS

Numero de cotización: 814 REV.1

Resultado: 8,452.09

COT- 814 REV.1

**PROFORMA DE SERVICIOS**

Fecha:	16/03/2017	Validez 30 días.
Cliente:	Boston Scientific de Costa Rica	
Contacto:	Jonathan Cambrono Alvarado	
Correo:	<a href="mailto:jonathan.cambronoalvarado@bsci.com">jonathan.cambronoalvarado@bsci.com</a>	
Teléfono:	2484-1974	
Dirección:	Global Park, La Aurora de Heredia.	



**Trabajo Solicitado:**

**Alcance de trabajo:**

- Se considera la instalación de 9 circuitos eléctricos 120V 20 A.
- Se considera la canalización de las facilidades eléctricas con tubería tipo EMT de la marca Rimco con sello UL.
- Se considera la utilización de accesorios EMT de Presión con arandela de embudo.
- Se considera la instalación de soportería tipo Unistrut con accesorios tipo Bline máximo cada 1.5 metros de distancia.
- Se considera la instalación de cajas de registro de 4"x 4" tipo EMT para la administración del cableado a implementar.
- Se considera la instalación de terminales tipo Horquilla de 3M para las conexiones entre cables y tomacorrientes.
- Se considera el suministro e instalación de 4 enlaces de red.
- Se considera la utilización de cable UTP Cat 5e marca Systimax awg 24, 4 pares trenzados, en color gris.
- Se considera instalación de soportería para la instalación de los enlaces.
- Se considera rotulado de elementos pasivos en la instalación del punto de datos.
- La instalación cuenta con la certificación del enlace con DSX-5000 en la marca Fluke.
- Se considera el suministro e instalación de un polo de aluminio previsto con facilidades de IT.
- Se considera el suministro e instalación de dos polos en aluminio para facilidades eléctricas y mecánicas.
- Se considera la instalación de tabique separador en polo de aluminio.
- Se considera la instalación de 3 disparos de aire comprimido a nivel de canaleta.
- Se considera el suministro e instalación de fitinería y accesorios marca Festo.
- Se considera el etiquetado de los sistemas con solución Brady.
- Se considera el movimiento de 6 mesas desde la ubicación actual en CER-1 hasta su posición final en CER-4.
- Se considera el movimiento de equipos desde la ubicación actual en CER-1 hasta su posición final en CER-4.
- Se considera el suministro e instalación de biex automotriz y gasas plásticas para el acomodo del cableado entre las líneas de producción.
- Se considera la reubicación de los tomacorrientes existentes en las canaletas en caso que los mismos en su nueva ubicación queden en dirección contraria a la conexión al polo.
- Se considera la aplicación de pruebas de voltaje, megueo y asilamiento a los circuitos instalados.
- Se considera la instalación de burbuja de contención durante la ejecución del trabajo.
- La cotización no considera el suministro o instalación de canaleta con facilidades eléctricas ni canaleta ranurada para el paso de cables de IT.
- La cotización no considera la reubicación de banda transportadora ni sistema de extracción.
- La cotización no considera la demolición de polos existentes en CER-1 Y CER-4.
- Se considera realizar la instalación de los circuitos y enlaces de red durante una semana.
- a.a Se considera realizar el movimiento de las mesas y los equipos en un fin de semana.
- a.b Se considera realizar los trabajos en jornada extra laboral.

<b>Costos:</b>		<b>Tiempos de Entrega:</b>	
a. Materiales	\$4.340,27	a. Equipos:	Inmediato
b. Mano de obra	\$2.375,50	b. Materiales:	Inmediato
c. Supervisión	\$176,32	c. Ejecución:	2 semanas
d. Enlaces de red	\$1.560,00	<b>Total</b>	<b>2 semanas</b>
<b>Total:</b>	<b>\$8.452,09</b>	<b>Forma</b>	
		a. Contra aprobación	_____
		b. Avance de obra	_____
		c. Términos de avance	<u>  X  </u>

Ilustración 26. Imagen de cotización Vega Voltios Ingeniería. Fuente Vega Voltios Ingeniería


**5.7.2 Cotización número 2**

Compañía: Power Tronic

Numero de cotización: BSCI-002 REV1

Resultado: \$4,988.94

**Cotizacion # BSCI-002.REV1**

  
PowerTronic  
ADVANCED TECHNICAL SUPPORT

**Cedula Juridica:** 3-101-642992  
**Heredia, San Joaquin, 700 este del deposito el Lagar, contiguo a Armablogue.**  
**Teléfono:** (506) 4700-5049    **E-mail:** [joramirez@powertronic.co.cr](mailto:joramirez@powertronic.co.cr)

**Fecha:** 16-03-17  
**Solicitado por:** Jonathan Cambronero  
**Plazo de Entrega:** 1 fin de semana  
**Forma de Pago:** 100 % Contra entrega  
**Vigencia de la oferta:** 15 días  
**Precios en:** Dolares  
**Jornada de trabajo:** Diurna  
**Garantía:** 1 AÑO

**CLIENTE**

**Compañía:** Boston Scientific Costa Rica  
**Nombre del proyecto:** Movimiento de línea  
**Dirección:** Parkway, Global Park, La Aurora, Heredia, Costa Rica  
**Teléfono:** 506-2484-1974  
**E-mail:** [jonathan.cambroneroalvarado@bsci.com](mailto:jonathan.cambroneroalvarado@bsci.com)

Presentamos para su consideración la siguiente cotización de servicios, la cual solicitamos revisar a fin de verificar que cumpla con sus requerimientos.

AREA	DESCRIPCION	SUBTOTAL
ELECTROMECHANICO	Movimiento de línea de CER1-CER4	\$4,988.94
<b>Monto Total:</b>	<b>\$4,988.94</b>	

**Alcance de Trabajos a Realizar**

SE CONTEMPLA EL SUMINISTRO E INSTALACION DE 3 NUEVOS POLOS DE ALUMINIO 5 X 2, DOS PARA LA PARTE ELECTRICA Y AIRE COMPRIMIDO, Y EL OTRO PARA LOS NUEVOS ENLACES DE RED.  
SE CONTEMPLA SOPORTERIA, CANALIZACION Y CABLEADO PARA LA INSTALACION DE 5 NUEVOS CIRCUITOS 120V/30A. SE INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACION DE LOS NUEVOS TWISTLOCK HBL2610.  
SE CONTEMPLA REUTILIZAR CANALETAS PLASTICAS EXISTENTES PARA LA CONEXION DE LOS EQUIPOS DESCRITOS EN TABLA DE SOLICITUD DE COTIZACION.  
SE CONTEMPLA LA INSTALACION DE NUEVA SALIDA DE AIRE COMPRIMIDO DOBLE EN POLO, ASI COMO EL SUMINISTRO DE 8 MTS DE MAGUERA FESTO 1/2 TRANSPARENTE Y QUICK CONECTOR.  
SE CONTEMPLA EL TRASLADO DE MESAS Y EQUIPOS EXISTENTES EN LINEA A MOVER DE CERT HACIA CER4.  
SE CONTEMPLA WIREMANAGEMENT DE CABLES DE TODA LA LINEA.  
SE CONTEMPLA LA INSTALACION DE 4 NUEVOS ENLACES DE RED.

*Se contemplan los trabajos Fin de semana fuera de horario de producción.*

**GENERAL:**  
\*TODOS LOS TRABAJADORES CONTARAN CON POLIZA DEL INS Y CCSS  
\*SE ASUME QUE SE PUEDEN ALMACENAR MATERIALES Y HERRAMIENTAS EN EL AREA Y EL CLIENTE LES SUMINISTRARA SEGURIDAD A LOS MISMOS.  
\*SE ASUME QUE SE CUENTA CON FACILIDADES ELECTRICAS PARA TRABAJAR  
\*SE ASUME QUE EL CLIENTE SUMINISTRA SERVICIOS SANITARIOS PARA EL PERSONAL.  
\*SE ASUME QUE TENEMOS ACCESO PARA LLEVAR MATERIALES HASTA EL LUGAR SIN NECESIDAD DE NINGUN EQUIPO  
\*CUENTAS BANCARIAS BAC SAN JOSE COLONES CTA # 919623751 CTA CLIENTE # 102000919623751 DOLARES CTA # 919623769 CTA CLIENTE # 102000919623769  
\*CUENTAS BANCARIAS BANCO NACIONAL COLONES CTA # 200-01-169-003106-6 CTA CLIENTE # 15116920010031060 DOLARES CTA # 200-02-169-000988-0 CTA CLIENTE # 15116920020009883  
\* SI SU PAGO ES CON CHEQUE FAVOR CONFECCIONARLO A NOMBRE DE " SEAR INGENIERIA DISEÑO Y CONSTRUCCION S.A

**Realizado por : SZAMORA**

Ilustración 27. Imagen de cotización de Power Tronic. Fuente Power Tronic Advanced Thecnical Support

### 5.7.3 Cotización número 3

Compañía: Tecno medica

Resultado: Fuera de competencia por motivo de fecha.

From: Heiner Robles <hrobles@tecnomedicacr.com>  
To: Cambronero Alvarado, Jonathan  
Cc: Rodriguez, Merio; Juan Carlos Rojas; Luis Chinchilla  
Subject: Re: Proyecto: Movimiento de Línea de CER1-CER4

Buenos días Jonathan

Mira agradecemos mucho nos inviten a concursar en estas cotizaciones, sin embargo tenemos mucha carga de trabajo actualmente y ya tenemos esas fechas comprometidas y no podríamos ofertarles. Lamentamos cualquier inconveniente que esto pudiera causarles.

Saludos y nuevamente gracias

2017-03-07 13:29 GMT-06:00 Cambronero Alvarado, Jonathan <[Jonathan.CambroneroAlvarado@bsci.com](mailto:Jonathan.CambroneroAlvarado@bsci.com)>:

Buenas,

Ilustración 28. Imagen de respuesta por correo electrónico de Tecno Medica. Elaboración: Respuesta por electrónica

Como lo muestran las cotizaciones adjuntas, se lanzó a licitación el trabajo con 3 distintas empresas donde solamente una empresa sale del concurso por motivo de disponibilidad para la fecha de trabajo. Siendo así se pagara la suma de \$4,988.94 a la empresa Power Tronic para realizar el movimiento de la línea de producción, ya que fue la empresa que brindó un mejor precio para el movimiento de línea. Dicho trabajo se realizará un fin de semana, en horas fuera de producción, para no impactar la producción del producto de Constellation, esto por requerimiento del Departamento de Planeación de la Producción y de la gerencia.

Dichas cotizaciones se encuentran como anexos para ver más detalles.

## 5.7 Beneficios del movimiento de línea

### 5.8.1 Reducción de transporte

Al poder recortar las dimensiones de la línea de producción actual, el transporte del producto se reduce en 33% debido que la línea de Constellation después del cambio quedará más pequeña, con el 67% de la distancia que ocupa actualmente. Esto hace que se reduzca la manipulación del dispositivo, el cual corre por encima de las mesas de la línea de producción.

La siguiente tabla compara las dimensiones de la línea actual vrs la línea nueva de Constellation

Tipo de línea	Medidas
Línea actual de Constellation	1504"
Línea de Costellation después del cambio	1020"
Diferencia en medidas	33%

Tabla 7. Tabla de comparación de medidas de línea propuesta vrs la actual. Fuente elaboración propia

### 5.8.2 Económico

Actualmente el CER-5 corren 3 familias. Diagnostics, OIs y Constellation, siendo la última la que menor absorción aporta en el piso de producción que anualmente generan \$46.805.415,31

El poder aumentar la capacidad productiva en el piso de producción para el 2017 instalando la nueva línea de producción de Newton en el CER-5 de Boston Scientific Heredia generaría un aumento significativo de \$(1.278.165,00) adicional y contaría con la 4ta familia de producción beneficiando directamente la absorción de la empresa y nuevas contrataciones para el país.

La siguiente tabla detalla la absorción de la nueva línea que se instalaría en el espacio vacío que dejará la línea de Constellation al moverse y comprimirse, se detalla en la tabla con fondo de color rojo la demanda de producción a partir junio 2017 y se puede observar una absorción mes a mes hasta finalizar en diciembre 2017 con un total de \$(1.278.165,00). Adicional, se puede apreciar la demanda y absorción de todas las familias de corren en el CER-5 (Cuarto limpio 5) para tener mayor visibilidad en temas financieros en el mismo cuarto de producción.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Constellation	120	123	137	93	74	94	85	90	80	84	89	64
Absorción	\$ 289.179,50	\$ 294.509,28	\$ 328.270,15	\$ 222.616,80	\$ 178.217,76	\$ 226.217,76	\$ 204.993,60	\$ 215.605,68	\$ 192.993,60	\$ 202.640,64	\$ 212.628,48	\$ 152.701,44
Ois	907	833	872	749	1109	1209	1366	1412	1365	1460	1422	782
Absorción	\$1.355.010,94	\$1.244.643,81	\$1.303.195,58	\$1.118.996,99	\$1.657.143,01	\$1.806.543,01	\$2.040.267,88	\$2.109.285,30	\$2.038.839,85	\$2.181.799,59	\$ 2.123.729,93	\$ 1.168.274,02
Diagnostics	4343	4098	3644	2023	2671	2691	2514	2602	2509	2597	2685	2112
Absorción	\$3.014.228,01	\$2.844.207,70	\$2.529.250,65	\$1.404.274,80	\$1.853.654,76	\$1.867.534,76	\$1.744.694,51	\$1.806.114,63	\$1.741.224,51	\$1.802.365,58	\$ 1.863.605,20	\$ 1.465.955,62
Newton	0	0	0	0	0	243	195	280	280	275	301	165
Absorción	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 178.605,00	\$ 143.325,00	\$ 205.800,00	\$ 205.800,00	\$ 202.125,00	\$ 221.235,00	\$ 121.275,00
Total	\$4.658.418,45	\$4.383.360,79	\$4.160.716,39	\$2.745.888,59	\$3.689.015,53	\$3.900.295,53	\$3.989.955,98	\$4.131.005,61	\$3.973.057,95	\$4.186.805,80	\$ 4.199.963,60	\$ 2.786.931,08
Diferencia	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ (178.605,00)	\$ (143.325,00)	\$ (205.800,00)	\$ (205.800,00)	\$ (202.125,00)	\$ (221.235,00)	\$ (121.275,00)
Diferencia total												\$ (1.278.165,00)

Tabla 8. Tabla de absorción de CER-5 en Boston Scientific. Fuente Boston Scientific

## Ilustración 29. Tabla de absorción económica CER-5 Boston Scientific Heredia

### 5.9 Costos del movimiento

Rediseño de línea de Constellation					
Item	Tipo de cotización	Qty	\$	Total	Vendor
Movimiento de línea	Externa	1	\$ 4.988,94	4500	Tecnomedica
Facilidades (polos, canaletas)	Interna	8	\$ 2.500,00	20000	Facilities
Inventario	Interna	3	\$ 100,00	300	Produccion
Horas extras técnicos	Interna	9,3	\$ 102,67	600	Equipment Eng
Horas extras calibraciones	Interna	3,8	\$ 42,17	150	calibrations
Alineado y cableado	Interna	1	\$ 3.000,00	3000	Equipment Eng
Calibración externa de la branson	Interna	1	\$ 1.500,00	1500	Branson
Extractor	Interna	1	\$ 3.500,00	3500	Tecnomedica
<b>Total</b>			\$		15.733,77

Tabla 9. Tabla de resumen de gastos del movimiento de línea. Elaboración propia

## 5.10 Flujo de la línea de Constellation después de la modificación

Se muestra la ruta de trabajo que contemplan la línea de producción para poder tener una mejor visibilidad de los pasos que tiene el ensamble después del movimiento de línea así como los nombres fusionados que conforman las operaciones en la línea de producción.

Se marca en color rojo las operaciones que tuvieron algún cambio con el proyecto de movimiento de línea.

- **0010 RING CLEANING & SPOT WELDING**

Ring Cleaning y Spot Welding se unieron y físicamente compartirán la misma estación física dando una reducción de 96'' lo que representa el 6% de la línea actual

- **0020 SPLINE TUBE SET ASSEMBLY**

Spline Tube Set Assembly se reducirá de 4 estaciones físicas a 2 estaciones, lo cual representa 192'' y un 13% de reducción total de la línea actual.

- 0030 WINDING & NECKING

No hay cambios

- 0040 TIP ASSEMBLY

No hay cambios

- **0050 CATHETER MAIN BODY ASSEMBLY & SPLINE ASSEMBLY AND SPOT WELDING**

Catheter Main Body Assembly & Spline Assembly And Spot Weld se unirán y físicamente compartirán la misma estación física dando una reducción de 96'' lo que representa el 6% de la línea actual

- 0060 LASER ETCH

No hay cambios

- 0070 GLUE AND SILICONE

No hay cambios

- 0080 SOLDER AND TEST

No hay cambios

- 0090 ULTRASONIC WELD

No hay cambios

- **0100 PRINT, TRAY SEAL, LABEL AND INSPECT**

Se ejecutara en la línea de Diagnostics

- **01110 PRINT CARTON AND INSPECT**

Se ejecutara en la línea de Diagnostics

- **0120BOXING**

Se ejecutara en la línea de Diagnostics

- **0130 EDHR**

Se ejecutara en la línea de Diagnostics

Con base en lo anterior, se muestra el flujo del producto con las trece operaciones que completan el proceso productivo de Constellation después de movimiento de línea, con el objetivo de tener una mejor visibilidad en cuanto a la secuencia de pasos de la línea de producción y poder evidenciar la cantidad de estaciones que existen actualmente por operación. Se pudo llegar a este resultado después de realizado con éxito cada uno de las ideas obtenidas en la sesión de lluvia de ideas anteriormente mencionada.

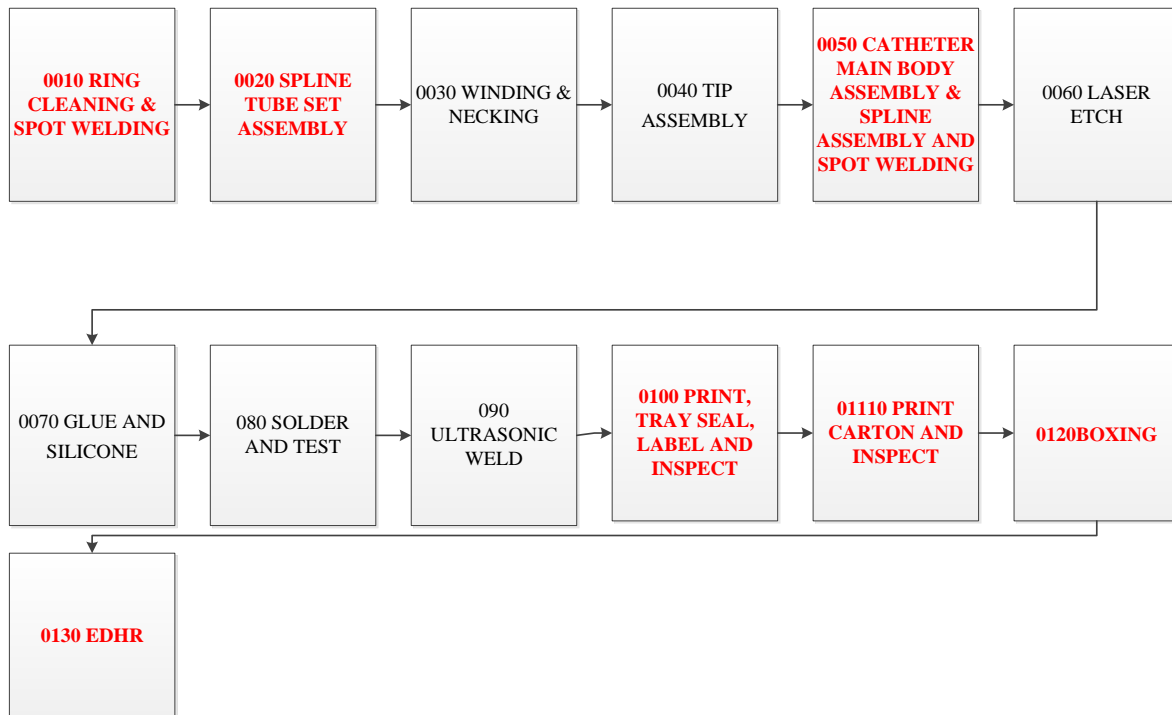


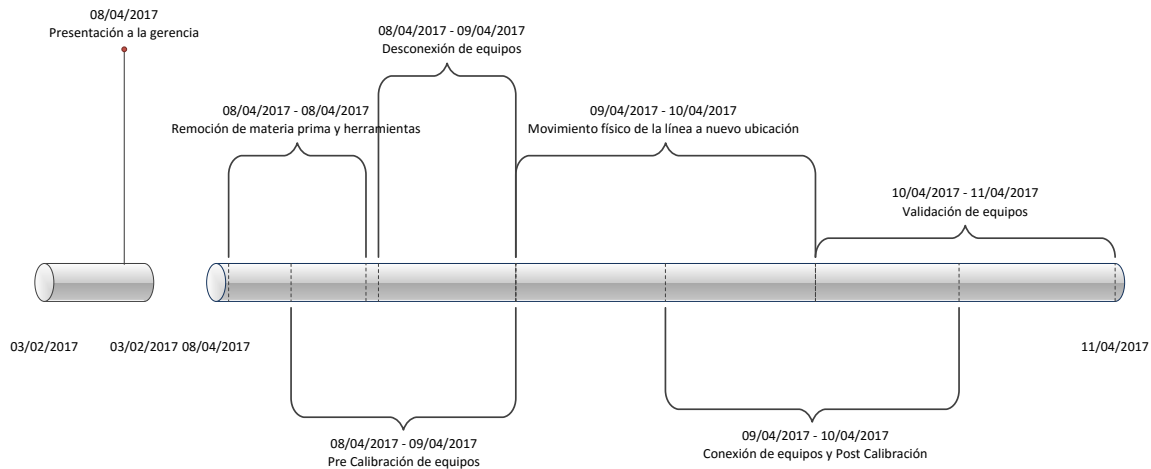
Ilustración 30. Flujo de la línea de Constellation después del movimiento. Fuente Boston Scientific

## 5.11 Estrategia del movimiento de línea de producción a nueva ubicación

La siguiente línea de tiempo muestra las tareas que se realizarán para el movimiento de línea, iniciando el 8 de abril 2017 con la remoción de componentes de la línea actual de constellation, dicha línea de tiempo será mostrada para su aprobación por parte de la gerencia de Boston Scientific para dar inicio en la fecha comprometida por el equipo de trabajo liderado por el Ingeniero Uriel Manuel Lobo Barquero.

Dicha línea de tiempo, detalla la fecha de cada una de las actividades dando inicio el viernes 8 de abril y finalizando el martes 11 de abril con la validación de los equipos que lo requieran.

Se adjunta la línea de tiempo para poder visualizar cada una de las actividades y su interacción.



**Ilustración 31. Línea de tiempo de proyecto de movimiento de línea de producción. Elaboración propia**

## 5.12 Presentación a la gerencia

Seguidamente, se realizará la reunión para presentar el trabajo del movimiento de línea. En este caso se expone a las personas involucradas en el proyecto con el objetivo de abarcar todos los roles y responsabilidades de trabajo, además de poder evacuar dudas que puedan existir.

Solamente se realizarán tres reuniones por decisión de la gerencia.

1. Primera reunión. Se presenta formalmente el proyecto ante la gerencia, en este caso los planos, Gantt de actividades, costos, beneficios y el equipo de trabajo que realiza el proyecto, además se detallan los pasos del movimiento para tener una mejor visión del mismo.

- Se presentan los planos actuales y el futuro, junto con la lista de ingenieros involucrados en el proyecto.
- Beneficios del proyecto tales como: liberación de espacio, eliminación de transporte en la línea actual y reducción de tiempos de manufactura del dispositivo.

### 5.12.1 Puntos claves sugeridos por la gerencia de Boston Scientific:

- Se dará inicio al proyecto el sábado 8 de abril para no interrumpir planes de producción debido a que la planta tomará de vacaciones la Semana Santa, que se

extenderá del lunes 10 de abril al viernes 14 de abril. Esto garantizará que el lunes 17 de abril la línea esté habilitada para la manufactura del dispositivo, debido que el movimiento está para realizarse en cuatro días.

- Deberá ser fuera de horas productivas, ya que la línea de producción se verá interrumpida por cuatro días, aproximadamente, por ende, no debe haber ninguna persona operando las máquinas o trabajando en las mesas.
  - Hora de inicio. 6:00AM del 8 de abril.
  - Se removerá cualquier tipo de herramienta, materia prima o producto terminado de la línea de producción para garantizar la calidad del producto o evitar que las unidades o el material caigan al suelo.
  - Los equipos eléctricos serán desconectados por el personal de Boston Scientific y no por personal externo para evitar desconocimiento del funcionamiento de los equipos eléctricos; con ello, para poder evitar posibles fallos en estos.
  - Se licitarán tres cotizaciones externas para el movimiento físico de la línea de producción, esto para el trabajo de mover los equipos de producción, mesas, bins, sillas, componentes, herramientas y posteriormente su conexión.
2. Segunda reunión. Se muestran los avances, se solicitan ayudas de ser necesario
- Se presenta una tabla de resumen de gastos asociados al movimiento
  - Ver tabla de resumen.

Rediseño de línea de Constellation					
Item	Tipo de cotización	Qty	\$	Total	Vendor
Movimiento de línea	Externa	1	\$ 4.988,94	4500	Tecnomedica
Facilidades (polos, canaletas)	Interna	8	\$ 2.500,00	20000	Facilities
Inventario	Interna	3	\$ 100,00	300	Produccion
Horas extras técnicos	Interna	9,3	\$ 102,67	600	Equipment Eng
Horas extras calibraciones	Interna	3,8	\$ 42,17	150	calibrations
Alineado y cableado	Interna	1	\$ 3.000,00	3000	Equipment Eng
Calibración externa de la branson	Interna	1	\$ 1.500,00	1500	Branson
Extractor	Interna	1	\$ 3.500,00	3500	Tecnomedica
<b>Total</b>			\$		15.733,77

Ilustración 32. Tabla de Costos asociados al movimiento de línea. Elaboración propia

- Formularios de calibraciones completados adjuntos como anexo y lista de equipos que requieren ser validados.

3. Tercera reunión. Antes de arrancar con el movimiento de línea, se muestra cada uno de los pasos, con el fin de garantizar el éxito del proyecto, como por ejemplo: documentación de calibración, estrategia de validación y estrategia de arranque de producción sin impacto en ella.

La siguiente tabla muestra la asistencia en las reuniones.

<b>DIAGNOSTICS - Asistencia</b>				
<b>Departamento</b>	<b>Nombre del miembro de equipo de trabajo</b>	<b>Fecha de la reunión</b>		
		<b>3-Feb</b>	<b>10-Mar</b>	<b>27-Apr</b>
<b>Supervisor de producción</b>	<b>Diana Mena</b>	P	P	
<b>Ing. Calidad</b>	<b>Byron Cespedes</b>	P	P	
<b>Ing. Industrial</b>	<b>Uriel Lobo</b>	P	P	
<b>Entrenamiento</b>	<b>Katherine Guerra</b>	P	P	
<b>Ing. Manufactura</b>	<b>Christian Wild</b>	P	P	
<b>Gerente de producción</b>	<b>Inguibor Streber</b>	P	P	
<b>Gerente de Calidad</b>	<b>Liiga Carmona</b>	P	P	
<b>Gerente de Manufacrura</b>	<b>Carlos Delgado</b>	P	P	
<b>Gerente Industrial</b>	<b>Tatiana Alvarado</b>	P	P	
<b>Ing. Equipos</b>	<b>Allan Rojas</b>	P	P	
<b>Asistencia</b>		<b>100%</b>	<b>100%</b>	

Ilustración 33. Tabla de asistencia a reunión de presentación del proyecto. Elaboración propia

Como muestra la tabla anterior, queda pendiente la última revisión con la gerencia para el 27 de abril de 2017, con el objetivo de mostrar el avance final del proyecto y garantizar el resultado del movimiento de línea.

## Capítulo 6 Conclusiones y recomendaciones.

### 6.1 Conclusiones

- Referente al primer objetivo específico, se concluye que la línea de producción actual con la que se cuenta para la manufactura del dispositivo de Constellation es óptima para su manufactura, sin embargo, como se muestra en el capítulo 4, la línea cuenta con una serie de oportunidades que se pueden mejorar, las cuales darán beneficios importantes para la empresa.
- El enfoque de la empresa Boston Scientific se centraliza en la calidad que puede recibir el paciente. Esta empresa está dedicada a transformar la calidad de vida, ofreciendo soluciones médicas innovadoras para poder mejorar la calidad de vida a las personas. Tomando la calidad como el enfoque más importante de la empresa, anteriormente la creación de la línea actual del dispositivo de Constellation no fue el enfoque ni lo será en el futuro con las siguientes transferencias, pero hoy existen oportunidades importantes para rediseñar la línea de producción, esto a raíz del análisis realizado en el capítulo 4 y antes de poner en marcha el proyecto, como se debe evacuar cualquier duda ante la gerencia para nunca poner en riesgo la calidad del dispositivo, como se puede observar en el capítulo 5, debido a la importancia de la calidad para la empresa.
- Existen operaciones con más capacidad que además cuentan con mucho espacio físico de sobra.
- Operaciones con equipos y procedimientos similares que pueden unirse con otras líneas para poder tener una mejor utilización de este.
- Operaciones duplicadas que por la baja demanda no son utilizadas, ya sea mesas o equipos.
- Existe mucha variabilidad del tiempo de ciclo entre operaciones, ya que se puede determinar que muchas están por debajo del tiempo de ciclo de la operación con más tiempo, comúnmente llamada “cuello de botella”.

- Con el proyecto de movimiento de línea y eliminación de espacio no necesario se puede concluir que para eliminar el 33% de la línea actual, además de poder mover algunas operaciones a otras líneas con procesos similares, se requiere una inversión de \$15,733.77, la cual podría traer beneficios importantes para la compañía, si al finalizar el proyecto instalaran la nueva línea de producción de Newton, la cual tiene una absorción inicial para el 2017 de \$(1.278.165,00).

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda para futuras investigaciones, el uso de herramientas que permitan tener una mejor visibilidad a futuro y no solamente esté supeditado a una línea de tiempo restringida, con el fin de realizar análisis más precisos, ya que hoy en día se utilizan 2 sistemas llamados Systeme Anwendungen and Produkte SAP y Rapid Response, los cuales simplemente realizan un análisis estadístico del comportamiento del producto en el mercado y realiza las proyecciones en ventas, las cuales podrían ser varias.
- Con base en el análisis realizado anteriormente, se recomienda implementar la validación a equipos críticos que históricamente han presentado fallas al moverse, ya que conversando con los ingenieros responsables de realizar dicha tarea, existe la forma de justificar la no validación de equipo. Esto porque el sistema respalda con datos representativos que existen equipos que al moverlos, no generan un impacto en este, ya que algunos de los equipos que movimos de la línea de Constellation nunca han presentado fallas. Realizar dicha tarea a todos los equipos representa un gasto innecesario para la empresa y hoy existe la manera de justificar no realizarlo.
- Con base en el análisis de capacidad realizado para poder identificar posibles oportunidades y con ello poder recortar la línea de producción para hacerla más pequeña, se pudo observar que hoy existen varias líneas de producción que cuentan con más espacio físico de lo necesario. Este proyecto podría dar el inicio para que a todas las líneas de producción actuales se le someta a algún tipo de estudio que sirva para comprobar si cuentan con lo necesario para la manufactura ya sea espacio, herramientas o equipos que mejoren la manufactura, por ende, la compañía recibiría

el retorno de la inversión con líneas más eficientes y posiblemente con más espacio para poder crecer.

- Referente a la hipótesis investigativa, se concluye que los datos recolectados en temas financieros son relevantes, para lo cual el proyecto debe ejecutarse según las fechas anteriormente mencionadas, esto por la importancia de poder instalar otra línea de producción que además de brindar beneficios económicos importantes para la empresa, podrá brindar empleo a personas que lo necesiten.

## Bibliografía

101, C. d. (2000). *Código de seguridad humana*. 13 de ago. de 2011.

*Boston Scientific Corporation*. (2016). Obtenido de <http://www.bostonscientific.com/en-US/careers/locations/locations-careers-americas/heredia-costa-rica-location.html>

Arce, C. (19 de Septiembre de 2016). Importancia de un nuevo diseño de línea de producción. (U. L. Barquero, Entrevistador)

*Biblioteca Universidad de Alcalá*. (s.f.). Obtenido de Fuentes de Información:  
<http://www3.uah.es/bibliotecaformacion/BPOL/FUENTESDEINFORMACION/>

Castillo, M. S. (20 de Septiembre de 2016). Beneficios de un nuevo flujo de material para la organización. (U. L. Barquero, Entrevistador)

D. (s.f.).

Monge, D. F. (30 de Noviembre de 2016). Cómo presentar el proyecto a la gerencia. (U. Lobo, Entrevistador)

Nivel, B. (2014). *Ingeniería Industrial de Nivel*. Mexico: Mc Graw Hill.

Pazos, E. (2010). *Comunicación Escrita*. 2010.