

PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA EMPRESA CICLOTRÓN COLOMBIA S.A.S

**JUAN CAMILO MONTAGUT TORRADO
DANIEL BORRERO VIVAS**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Industrial**

**Laura González Puín
Jefe de Operaciones**



**UNIVERSIDAD EIA
CICLOTRÓN COLOMBIA S.A.S
INGENIERÍA INDUSTRIAL
ENVIGADO
2019**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Con dedicación especial para el profesor Luis Felipe Guzmán, muchas gracias por todas las enseñanzas!

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a Laura González Puín, nuestra directora de trabajo de grado y que nos acompañó en todo este proceso de desarrollo en la empresa Ciclotrón Colombia S.A.S. A todo el personal que nos facilitó la recolección de tiempos, a John Freddy y a Carlos Mario que nos ayudaron a entender el proceso y a poder desarrollar el trabajo aquí planteado. Por último, al profesor Camilo Patiño que estuvo de cerca en el proceso de desarrollo del trabajo y que fue ficha fundamental para el desarrollo de éste.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

CONTENIDO

	pág.
Introducción	12
1. Preliminares.....	13
1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES	13
1.1.1 INFORMACIÓN PARA LOS TRANSPORTADORES.....	15
1.1.2 MARCADO, ETIQUETADO Y ROTULADO	16
1.2 Objetivos del proyecto	19
1.2.1 Objetivo General.....	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
1.3 Marco de referencia.....	19
1.3.1 Estudio del Trabajo.....	19
1.3.2 Simplificación del trabajo	20
1.3.3 Descomposición de las tareas en elementos.....	21
1.3.4 Tamaño de la muestra.....	21
1.3.5 Valoración del ritmo	22
1.3.6 Metodología AHP	31
1.3.7 Método de valor esperado	33
1.3.8 Análisis de sensibilidad.....	34
2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA	35
2.1 Estudio del Trabajo.....	35
2.2 Value Stream Mapping (VSM)	49
3. PRODUCTOS, RESULTADOS Y ENTREGABLES OBTENIDOS.....	53

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.1	PROPUESTA DE MEJORA 1 (DOSIFICADOR aUTOMÁTICO).....	53
3.1.1	Descripción de la máquina a proponer y características de la misma.	54
3.1.2	Cálculo de los nuevos Tiempos de Ciclo con la nueva máquina.....	55
3.1.3	Comparación con los indicadores actuales y enseñar la diferencia entre la situación real y la propuesta	56
3.2	Propuesta DE MEJORA 2 (CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN DEL espacio)....	60
3.2.1	Ideación y medición de la nueva propuesta.....	61
3.2.2	Revisión de los tiempos muertos a raíz de los desplazamientos	61
3.2.3	Cálculo de los Nuevos Tiempos de Ciclo con el Modelo.....	63
3.2.4	Comparación con los Indicadores Actuales	65
3.3	TOMA DE DECISIONES	68
3.3.1	POR MÉTODO AHP.....	68
3.3.2	MÉTODO DEL VALOR ESPERADO	69
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
4.1	Conclusiones.....	74
4.2	Recomendaciones.....	75
	Referencias	76
	Anexos	78

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tiempo promedio y ciclo de micromovimiento.....	40
Tabla 2. Correlación Volumen - Tiempo.....	41
Tabla 3. Calificaciones Dosificación.....	43
Tabla 4 . Suplementos Dosificador	45
Tabla 5. Calificaciones Marcación Constancia.....	46
Tabla 6. Suplementos Marcación en constancia.....	47
Tabla 7. Tiempos de Ciclo: MIBI	48
Tabla 8. Tiempos de Ciclo: MDP	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Número de sucesos de incumplimiento al cliente.....	17
Figura 2: Porcentaje de envíos tardes	17
Figura 3: Puntaje estándar por suplemento	25
Figura 4: Tabla de conversión de puntos	31
Figura 5: definición de Valor esperado.....	33
Figura 6: Espaciamiento, toma superior.....	36
Figura 7. VSM MIBI	50
Figura 8: VSM MDP	51
Figura 9. Máquina SYR PHARMA por Tema Sinegie.....	55
Figura 10. Δ Tiempo de Ciclo (Máquina vs. Situación actual)	56
Figura 11. Nuevos Tiempos de Ciclo MIBI + MDP (Propuesta 1).....	56
Figura 12. Tiempos de Ciclo Teóricos MIBI + MDP (Propuesta 1)	57
Figura 13. Comparativo Productividad Propuesta vs. Teórico (Propuesta 1)	58
Figura 14. Comparativo % Rendimiento Sobre MOD (Propuesta 1).....	59
Figura 15. Espaciamiento propuesta, toma superior	61
Figura 16. % TM Desplazamiento MIBI.....	62
Figura 17. %TM Desplazamiento MDP	62
Figura 18. Tabla de desplazamientos por Sexo y Edades	63
Figura 19. Nuevo desplazamiento MIBI	64
Figura 20. Nuevo desplazamiento MDP.....	64
Figura 21. Nuevos Tiempos de Ciclo MIBI + MDP (Propuesta 2).....	65

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 22. Tiempos de Ciclo Teóricos MIBI + MDP (Propuesta 2)	65
Figura 23. Comparativo Productividad Propuesta vs. Teórico (Propuesta 2)	66
Figura 24. Comparativo % Rendimiento Sobre MOD (Propuesta 2).....	67
Figura 25. Matriz Alternativas vs. Variables	70
Figura 26. Análisis de sensibilidad	71

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. ENVÍOS CON LLEGADAS TARDE (MAYO 2017 A DICIEMBRE 2017)	78
Anexo 2. PLANTILLA PARA TOMA DE TIEMPOS	80
Anexo 3. FORMATO TABLA DE MICROMOVIMIENTOS DOSIFICADOR	81
Anexo 4. TABLA DE TIEMPOS DE LOS MICROMOVIMIENTOS (OCTUBRE 25)	82
Anexo 5. TABLA TIEMPOS MIBI (SEPTIEMBRE 20)	85
Anexo 6. TABLA TIEMPOS MDP (SEPTIEMBRE 20)	86
Anexo 7. TABLA TIEMPOS MIBI (SEPTIEMBRE 25)	88
Anexo 8. TABLA TIEMPOS MDP (SEPTIEMBRE 25)	89
Anexo 9. TABLA DE TIEMPOS MDP (OCTUBRE 3)	91
Anexo 10. TIEMPOS BASE DOSIFICACIÓN.....	92
Anexo 11. TIEMPO BASE MARCACION CONSTANCIA.....	95
Anexo 12. MODELACIÓN TIEMPO CICLO MARCACIÓN.....	97

RESUMEN

La empresa Ciclotrón Colombia S.A.S, productora de radiofármacos ubicada en la ciudad de Medellín, presenta retrasos en la salida del producto en el proceso productivo. En el presente trabajo se evaluó dicho proceso con ayuda de herramientas de la ingeniería industrial como lo es estudio del trabajo, allí se identificaron las actividades que hacían parte del ciclo productivo y se tomaron los tiempos de estas actividades para poder identificar posibles mejoras. Con la información recolectada se hizo un diagrama que ayuda a la visualización y entendimiento de ciclo productivo y sus tiempos (Value Stream Mapping).

Con esta información se dan 2 propuestas de mejora al proceso a evaluar, que ayudan a mejorar la productividad y el rendimiento del costo de la mano de obra en el proceso. Con el valor del rendimiento y productividad esperados a obtener, si se implementaría cada una de las propuestas, se hace una comparación con los valores actuales de dichos indicadores para así evaluar la magnitud de mejora sobre el proceso.

Se preguntó al encargado de planta cuáles son sus preferencias con respecto a estos dos indicadores antes mencionados, con el fin de poder dar una sugerencia de cuál de las dos propuestas implementar. Con ayuda de la metodología AHP y valor esperado (ambas metodologías del área de toma de decisiones) se logra finalmente dar la sugerencia de implementar la propuesta que utiliza una máquina dosificadora.

Finalmente se hace un análisis de sensibilidad donde se concluye que sin importar cuales hubieran sido las preferencias del decisor, siempre hubiera sido mejor la de implementar la máquina dosificadora pues esta supera a la otra propuesta en ambos indicadores evaluados.

ABSTRACT

The company Ciclotrón Colombia SA, producer of radiopharmaceuticals located in the city of Medellín, has been witnessing delays in the output of the production process. In this work, the process is evaluated, with knowledge and procedures of industrial engineering like the study of work, which identifies the activities that are part of the productive cycle. Also time cycles from these activities were taken to identify possible improvements. With the information collected, a diagram was created to help visualize and understand the productive cycle and its times (Value Stream Mapping).

With this information there are 2 suggested alternatives for improvement in today's process, which help to improve the productivity and the performance of the cost of labor in the process. With the labor cost performance and productivity it is expected to obtain, a comparison is made with the current values of said indicators.

Insight from the person in charge where needed in order to establish preferences regarding both variables. With the help of the AHP methodology and expected value (both methodologies of decision-making) it is possible to give the suggestion to implement the machine rather than reorganizing the space.

Finally, a sensitivity analysis is made where it has been concluded that regardless of what the decision maker's preferences would have been, it will always be better to implement the dosing machine because both indicators exceed the other alternative.

Keywords: Elementos, tiempo tipo, tiempo de ciclo, value stream mapping, proceso

INTRODUCCIÓN

En el siguiente trabajo se busca proponer una mejora en uno de los procesos de producción (Medicina Nuclear, MN) de la empresa Ciclotrón Colombia S.A.S.

El producto que esta empresa maneja, tiene la particularidad de perder la mitad de su vida útil cada 2 horas (González, 2018), debido a que la radiación que tiene el producto disminuye a la mitad cada que pasa este tiempo. Es por esto que se debe tener gran cuidado con los retardos en el proceso, pues cuando esto ocurre y se pasa a destiempo el producto a despacho, se estaría arriesgando el cumplimiento de tiempo de entrega al cliente, y por ende no le serviría el producto ya que no tiene la radiación necesaria para ellos poder utilizarla.

Para hacer un estudio y dar una propuesta de mejora para la disminución de este riesgo, inicialmente se hace un acercamiento al proceso productivo para luego tomar tiempos y así crear una representación gráfica y numérica de la situación actual del proceso. Con esta información se identifican posibles mejoras para hacer el proceso más hábil y así atacar el problema de retardos en el proceso.

Para las propuestas de mejora se utilizan metodologías de la ingeniería industrial como lo son manufactura esbelta y estudio de métodos.

Finalmente, dichas propuestas pasan por una metodología de toma de dediciones (AHP), en la cual se tienen en cuenta aspectos importantes para quien toma la decisión y así dar una recomendación final.

1. PRELIMINARES

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN Y ANTECEDENTES

Contextualización

La empresa Ciclotrón Colombia S.A.S nace en el año 2012 bajo la alianza de las Clínicas Hospital Pablo Tobón Uribe de Medellín, Clínica las Américas, Centro médico Imbanaco, Cedimed S.A.S, Cedicaf S.A, entre otros. Con el fin de crear la única empresa privada en Colombia que maneja las Líneas de Radiofarmacia Medicina Nuclear y Radio farmacia PET. Nacen bajo la misión de generar en Colombia una línea de radiofármacos que contribuyan a la población a la toma de decisiones médicas, garantizando calidad, seguridad y responsabilidad en los procesos. En Ciclotrón S.A.S al ser productos de alta radiación tiene que tener unas líneas de producción muy diferentes a las líneas de producción de cualquier empresa manufacturera, antes que nada, es importante resaltar que al ser materiales radioactivos tienen una vida media lo que quiere decir que cada cierto periodo de tiempo su cantidad de mCi (componente radioactivo- radioisotopo) se reduce a la mitad y por lo tanto se pierde potencia del medicamento. Tiene dos líneas de producción las cuales Incluyen Medicina Nuclear y Pet, en donde ambas son alimentadas de la materia prima que en este caso son los mCi que se extraen de una máquina llamada ciclotrón la cual genera isótopos radioactivos los que son mezclados con diferentes moléculas las cuales le indican al medicamento a que órgano dirigirse.

Empezando por el proceso de PET, la producción comienza a tempranas horas de la madrugada por el tema de la vida media y por lo tanto se hace un proceso muy de la mano de la ayuda mecánica y tecnológica debido a que este proceso es el más tóxico, una Ingeniera Química experta en el tema de radioisótopos se encarga de utilizar brazos robóticos para dispensar las diferentes jeringas del lote, pasan a un proceso riguroso de calidad el cual toma un tiempo considerable y es un cuello de botella para el resto del proceso y después son envasados en unos “Pigs” de Plomo para dispersar la radiación, pasan por un “Psthrough” en donde otro operario los coloca en unas cajas también de Plomo que vayan hacia la misma institución, luego se mide la radiación exterior de los compartimientos, se rotulan y son montados a los carros de la empresa Sequimed S.A.S. De ahí se toman muchas mediciones y papeleos para los carros que salen ya sea para las Clínicas acá en Medellín o ya sea para el Olaya o para el José María. El proceso de Medicina Nuclear es similar, pero es menos radioactivo y por lo tanto se puede mandar en maletas y salen muchas más jeringas en contenedores que dan abasto a más jeringas. El Proceso de Medicina Nuclear es similar al proceso PET, sin embargo,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

el proceso MN no es tan tecnológico como el PET y en esta operación debe haber dos personas en cada momento. El lote nuevamente empieza a tempranas horas de la mañana en donde sacan el material radioactivo y lo mezclan con los diferentes fármacos para generar la solución que será dispensado en las jeringas. Cuando están listas las mezclas el dosificador toma las órdenes de la mañana y empieza a dosificar las diferentes jeringas mientras que un asistente toma la información de la jeringa y la pega en una constancia y en los compartimientos “pigs”. Paralelo a este proceso ya se envió una muestra de cada mezcla a calidad y mientras los dos colaboradores dosifican y marcan calidad va haciendo su trabajo debido a que es un proceso químico. Al final, los lotes por clínica son llevados al Passthrough y de ahí la empresa Sequimed S.A.S se encarga de la distribución de los radiofármacos.

El problema reside básicamente en dos lugares. El primero es que las dos líneas de producción coinciden en una misma zona de despacho y por lo tanto a tempranas horas de la mañana cuando la empresa transportadora está lista para hacer el despacho, ocupa mucho tiempo las labores de rotulación de empaques, medición de radiación por parte de las dos empresas y en general como se comparte el mismo lugar de despacho se generan muchos procesos de logística cruzada lo cual genera contratiempos con el proceso de entrega, lo cual compromete la calidad del producto de la empresa. El segundo es que se genera un cuello de botella más arriba en el proceso en calidad y el proceso de dosificación de la MN esto le genera tiempos muertos a los operarios o mucha congestión de tareas lo cual genera retardos en los tiempos de entrega a las diferentes clínicas.

Debido que en Ciclotrón Colombia (Medellín) hay una carencia de ingenieros industriales y personal especializado en procesos, los problemas logísticos dentro de la empresa no se evalúan ni se atacan de la mejor manera.

Dentro de la línea de proceso se presenta un cuello de botella en calidad y teniendo en cuenta lo que se mencionó anteriormente, la empresa ha llegado un punto donde necesita la ayuda de un personal que tenga mayor capacidad para enfrentarse a este tipo de problemas, buscando evaluarse el mismo desde diferentes puntos de vista y con diferentes metodologías. (López, González, 2018)

Cabe aclarar que, al ser un material radioactivo, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) ha dictado una normatividad correspondiente a la regulación del transporte de materiales peligrosos. En los siguientes literales se expresan los cuidados y rotulaciones al producto y al transporte necesarios para la distribución de materiales radioactivos Clase 7:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- **5.1.5.1** Todo bulto debe llevar de manera legible y duradera en el exterior del embalaje, la identificación del expedidor o del destinatario, o de ambos.
- **5.1.5.2** Todo bulto que no sea un bulto exceptuado debe llevar marcado de manera legible y duradera en el exterior del embalaje, el número de las Naciones Unidas precedido de las letras “UN” y la designación oficial de transporte que corresponda. En el caso de los bultos exceptuados sólo se requiere el número de las Naciones Unidas, precedido de las letras “UN”.

- **5.1.5.5** Todo bulto que se ajuste a un diseño aprobado por la autoridad competente debe llevar marcadas en el exterior del embalaje de manera legible y duradera:
 - a) La marca de identificación asignada a ese diseño por la autoridad competente;
 - b) Un número de serie para identificar inequívocamente cada embalaje que se ajuste a ese diseño; (ICONTEC, 2005)

Para mayor detalle se expide una NTC 3970 del año 2000 en donde se dicta claramente cómo tiene que ser el etiquetado y el papeleo que se le debe entregar a la empresa transportadora, lo cual termina generando mayores tiempos de despacho a los lotes como se puede ver a continuación:

1.1.1 INFORMACIÓN PARA LOS TRANSPORTADORES

El remitente debe suministrar a los transportadores instrucciones escritas con las recomendaciones de seguridad para la prevención de riesgos en caso de accidentes. Dichas instrucciones deben ir en una Ficha de seguridad en donde debe incluir como mínimo, los siguientes aspectos:

- Medidas suplementarias para la carga, estiba, transporte, manipulación y descarga del bulto, sobreembalaje, contenedor o vehículo cisterna, incluyendo disposiciones especiales relativas a la evacuación del calor en la estiba o una indicación de que tales medidas no son necesarias.
- Restricciones que afecten la modalidad de transporte por carretera o a los medios de transporte y, si fueran necesarias, instrucciones sobre la ruta por seguir.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.1.2 MARCADO, ETIQUETADO Y ROTULADO

6.2.1 Se utilizan tres etiquetas para distinguir las tres categorías. El remitente debe especificar en las etiquetas el radionúclido o radionucleidos principales y la actividad del contenido. Cuando se trate de mezclas de radionucleidos, se deben enumerar aquellos a los que les corresponda el valor más restrictivo, en la medida en que lo permita el espacio disponible de la línea. (ICONTEC, 1996)

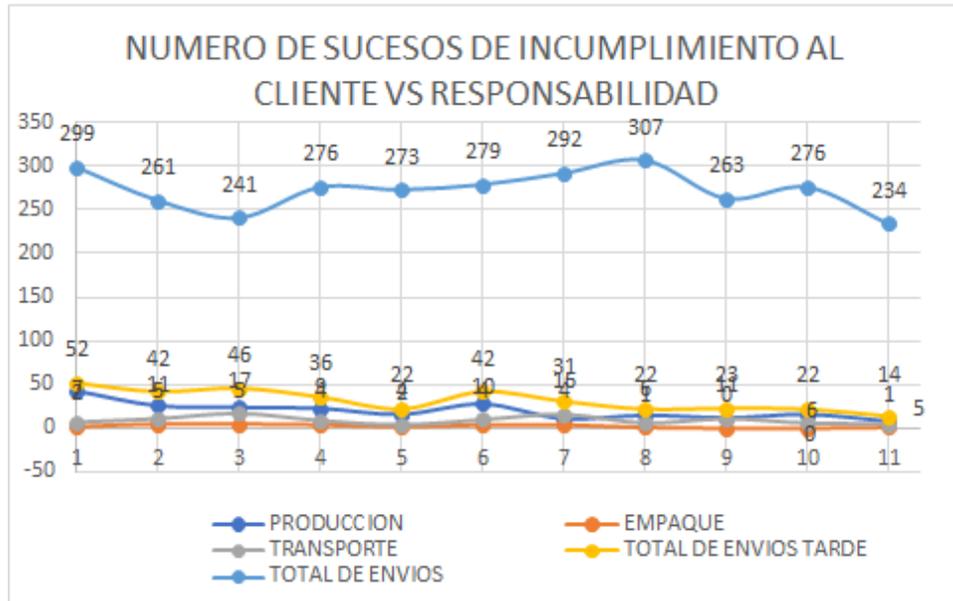
Lo que muestra la ICONTEC es que existen una serie de reglamentaciones rigurosas con todo el proceso de rotulado tanto por la empresa productora como por la empresa transportadora. Por lo tanto, debe haber una colaboración y agilización por parte de ambos lados para contribuir a la disminución de los tiempos de rotulación, de medición de radioactividad y de cargue a los carros de transporte.

Los retrasos en los despachos al cliente final de Ciclotrón se pueden dar por 3 diferentes áreas: producción, empaque y transporte.

En el siguiente anexo se ilustra de forma explícita el número de retrasos causados por las diferentes áreas a los clientes (ver **Anexo 1**).

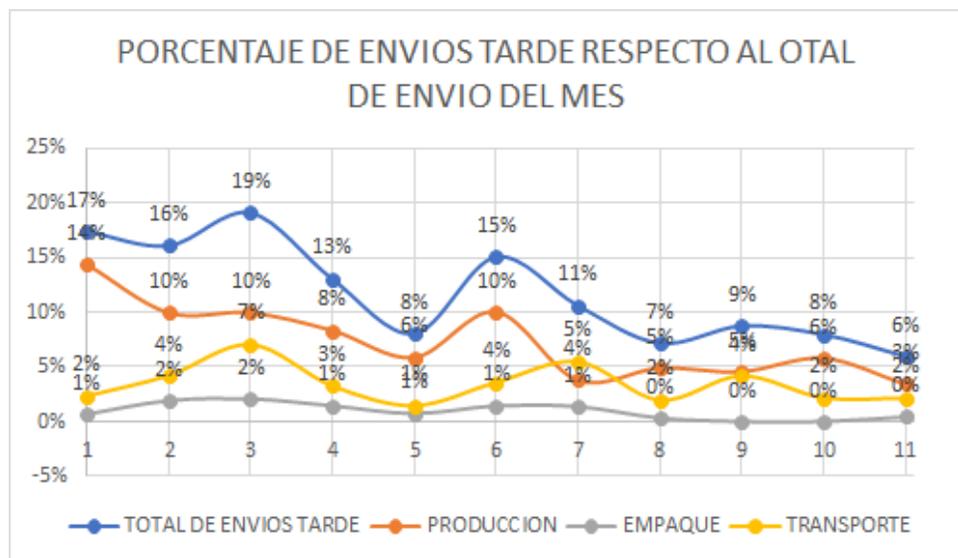
De los datos tomados en el anexo 1 se obtuvieron la gráfica 1 y gráfica 2:

Figura 1: Número de sucesos de incumplimiento al cliente



(González, 2018)

Figura 2: Porcentaje de envíos tardes



(González, 2018)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

De la figura 1 se puede ver la cantidad de envíos tarde a comparación con la cantidad total de envíos. De igual manera, en la figura 2 es fácil ver cómo el área de producción ha tenido la responsabilidad de la gran mayoría de los envíos tarde, pues al volver al anexo 1, se obtiene que son ocasionados principalmente por producción, con un promedio del 60% de envíos tarde en la muestra, empaque un 7%, y transporte un 30%. El dato más alto obtenido es el 83% de responsabilidad de envíos tarde, aportado por producción en el primer mes de la muestra. (González, 2018)

Otro aspecto a resaltar, es que el problema no ha sido muy abordado en la empresa, por lo que las investigaciones acerca la optimización de procesos en esta compañía productora de radiofármacos son limitados.

Por parte de la empresa no se ha atacado como tal al problema, se ha podido notar un cuello de botella en zona de calidad, y se han tomado tiempos en la totalidad del proceso por parte de la encargada en logística, pero al no tener un ingeniero industrial en la organización, no han sabido cómo proceder para una evaluación y una solución concreta al problema. (López, González, 2018)

Antecedentes

El artículo científico de Amalia Guerrero Mudarra y Tamara Taylor Delgado “Logística de la producción y comercialización de radiofármacos” se caracterizan distintos aspectos que comprenden la gestión logística de los procesos productivos y de servicios del Centro de isótopos. Se observa y examina las facetas de cada una de las actividades del proceso de producción y comercialización para tener un acercamiento.

Con la información recogida y procesada, se tiene como resultado que es de gran importancia la consistencia de la actividad logística del Centro, con especial cuidado en la escogencia de proveedores, análisis de alternativa de compra, trazabilidad de las acciones de todo el proceso con la debida documentación y con apego a las leyes y regulaciones, seguridad radiológica en la transportación de radiofármacos e importación de materias primas radiactivas, entre otras, para garantizar el flujo adecuado y continuo de materias primas y materiales.

Al final del estudio se concluye que se debe continuar el desarrollo de la logística con enfoque de Cadena de Suministros con vistas a su optimización. (Taylor Delgado & Guerrero Mudarra, 2012)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el proceso productivo dentro de la empresa Ciclotrón S.A.S y plantear posible propuesta para la mejora de dicho proceso.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Recopilar y validar los datos a utilizar en la modelación
- Modelar y analizar con los datos obtenidos el proceso actual dentro de la empresa teniendo en cuenta los subprocesos que entran en juego en Ciclotrón S.A.S
- Modelar y comprobar, a base de la información una propuesta de mejora a la logística de salida.
- Comparar y Evaluar los diferentes modelos utilizando técnicas de toma de decisiones para sugerir el modelo más propicio.

1.3 MARCO DE REFERENCIA

El marco de referencia en el que se basa este proyecto reside básicamente en 3 aspectos o áreas de la Ingeniería Industrial. Para la recolección de información y análisis de los datos de basó en el estudio del trabajo y de los tiempos, siendo respaldados por el libro *Introducción al Estudio del trabajo* Publicado con la dirección de George Kanawaty, 4ta Edición. En segundo lugar, se tomaron diferentes herramientas de Manufactura Esbelta para poder desarrollar unas propuestas que cumplieran con el propósito, reducir tiempos dentro del proceso logístico de la empresa. Por último, se fundamenta en teorías de Toma de decisiones para poder llevar a la empresa la alternativa más satisfactoria.

1.3.1 Estudio del Trabajo

La investigación y perfeccionar las operaciones es algo que no es nada nuevo para las empresas ni para los grandes empresarios, por lo tanto, ha sido de gran utilidad el desarrollo de estudiar los puestos de trabajo y los métodos para poder lograr resultados superiores dentro de la compañía. (OIT,2008)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Se observó una oportunidad de mejora dentro de la empresa Ciclotrón Colombia S.A.S al ver que en planta carecen de Ingenieros Industriales que pudiesen mejorar los métodos y en general la productividad del proceso dentro de la empresa. Al ser el estudio del trabajo una herramienta que da resultados por ser un proceso sistemático, se vio la posibilidad de realizar una investigación de estudio de tiempos dentro del proceso de Medicina Nuclear.

Dentro de las empresas industriales la eficiencia y eficacia de los procesos es afectada por los cuatro componentes de la tecnología, donde se encuentran las herramientas, los equipos, los materiales y los métodos de trabajo que utilizan los colaboradores dentro de la empresa. Sin embargo, siempre existe la premisa de que en todo proceso siempre se encuentran mejores posibilidades de solución. Debido a esto se puede generar un análisis a fin de poder determinar que tanto se ajusta cada alternativa a los criterios a través de alineamientos en el estudio de los métodos (García, 1998).

1.3.2 Simplificación del trabajo

Antes de existir las grandes empresas que se conocen hoy en día la producción era bastante escasa y no cubría con las necesidades de la creciente población. La sociedad por lo tanto daba cabida a el método manual de producción, el cual era muy lento y rudimentario, pero con el correr de los años se originaron nuevos métodos de producción en donde aparecieron máquinas que mejoran los procesos y fueron virtuosos para las sociedades.

“Como sociedad, hemos manejado las actividades del campo y la fábrica, pero nuestro desempeño en la oficina generalmente es desorganizado, improductivo y, a menudo, contra productivo.” (Mogensen, 1989)

La implementación de nuevos métodos trajo consigo mismo la simplificación de los trabajos, el crecimiento de centros productivos por lo tanto se fomentó el trabajo y oportunidades para la sociedad y ahorro de todo tipo de insumos dentro de la empresa.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El Procedimiento del estudio de métodos se basa en seis pasos para obtener mejoras:

1. Seleccionar el trabajo que se debe mejorar
2. Registrar detalles del trabajo
3. Analizar detalles del trabajo
4. Desarrollar un nuevo método para hacer el trabajo
5. Adiestrar a los operarios al nuevo método para hacer el trabajo
6. Aplicar el nuevo método

1.3.3 Descomposición de las tareas en elementos

Para hacer una debida selección de las partes del proceso se definen los tipos de elementos:

- Elementos repetitivos: Son aquellos elementos que aparecen siempre en cada ciclo del trabajo estudiado
- Elementos casuales: Son aquellos elementos que no vuelven a aparecer en cada ciclo del trabajo estudiado, sino intervalos tanto regulares como irregulares.
- Elementos constantes: Son aquellos elementos que siempre tienen tiempo básico igual.
- Elementos Variables: Son aquellos elementos que cambian su tiempo básico según ciertos aspectos del producto, equipo o proceso. (Peso, dimensiones, calidad, etc.)
- Elementos manuales: Aquellos elementos que el trabajador realiza.
- Elementos mecánicos: Aquellos elementos que son realizados de manera automática por una máquina.
- Elementos dominantes: Son aquellos elementos que tienen una duración mayor a los demás elementos que se realizan simultáneamente.
- Elementos extraños: Son aquellos elementos observados que al ser estudiados y analizados, no resultan siendo parte necesaria para el estudio. (OIT,2008)

1.3.4 Tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra o número de observaciones que se deben tomar para cada elemento que comprende el proceso, dado un nivel de confianza y un margen de exactitud establecido. (OIT,2008)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Inicialmente se debe efectuar cierto número de observaciones preliminares (n') para luego aplicar la siguiente formula:

Para un nivel de confianza del 95,45% y un margen de error de $\pm 5\%$:

$$n = \left(\frac{40\sqrt{(n' \sum x^2 - (\sum x)^2)}}{\sum x} \right)^2$$

Siendo:

n=Tamaño de la muestra que deseamos determinar

n'=Número de observaciones del estudio preliminar

Σ = Suma de los valores;

x=Valores de las observaciones (OIT,2008)

1.3.5 Valoración del ritmo

1.3.5.1 El trabajador calificador

El estudio de los tiempos debe hacerse, con trabajadores calificados (evitar los más rápidos o los más lentos).

Se trabajador calificado a aquel que tiene la experiencia, los conocimientos y demás cualidades necesarias para llevar a cabo el trabajo teniendo en cuenta las normas de seguridad, cantidad y calidad. (OIT,2008)

1.3.5.2 Ritmo tipo y desempeño tipo

Valorar el ritmo es comparar el ritmo del trabajador que se está evaluando con una idea de ritmo tipo que se ha formado mentalmente al ver como los trabajadores calificados trabajan de manera natural. A este ritmo tipo se le atribuye una calificación de 100.

El desempeño tipo se define como el rendimiento que se obtiene de los trabajadores de manera natural y sin esfuerzo, como promedio de la jornada o del turno. (Patiño, 2011)

1.3.5.3 Escalas de valoración

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Para comparar acertadamente el ritmo del trabajo con el ritmo tipo se hace una escala numérica que sirve como modo de medición. La valoración se puede utilizar un factor por el cual se multiplica por el tiempo observado para así tener de resultado el tiempo básico, es decir el tiempo que se tardaría en realizar el elemento al ritmo tipo el trabajador calificado. (OIT,2008)

1.3.5.4 Como hacer la valoración

El valor atribuido es de 100 representa el desempeño tipo, si el analista opina que la operación es realizada a una velocidad inferior al que su concepto es la norma, se tendrá un valor atribuido. Si es, al contrario, se tendrá un valor atribuido mayor. (OIT,2008)

Siendo así, el tiempo básico es calculado con la siguiente formula:

$$Tiempo\ observado \times \frac{Valor\ atribuido}{Valor\ Tipo} = Tiempo\ básico \text{ (OIT,2008)}$$

1.3.1.5 Suplementos

Teniendo en cuenta que en los tiempos tomados no se tienen en cuenta algunos factores que influyen en el rendimiento del trabajador calificado, es por ello que hay que proveer unos suplementos que compensan estos factores dando unos puntajes según el tipo de suplemento. Existen diferentes tipos de suplementos por los cuales se interrogan si son, o no, aplicables a los diferentes elementos del análisis. (OIT,2008)

Suplementos por descanso

Este tipo de suplemento es aquel que se añade al tiempo básico para dar posibilidad al trabajador de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos aportados dados por el trabajo que está llevando a cabo. (OIT,2008)

Este suplemento tiene 2 componentes principales:

- Suplemento por necesidades personales, son aquellos casos inevitables de abandono por
- Suplemento por fatiga básica, se aplica por compensar la energía consumida en la ejecución repetitiva del trabajo. (OIT,2008)

Suplemento variable

Son añadidos cuando las condiciones de trabajo son diferentes a las condiciones indicadas. Se identifican normalmente como el clima u otras condiciones que cambian y no dependen del trabajador. (OIT,2008)

Otros suplementos

- **Suplemento por contingencia:** Pequeño margen que compensa el tiempo tipo por demoras que no son frecuentes ni ocurren con regularidad.
- **Suplementos por razones de política de la empresa:** Es una cantidad no ligada a las primas.
- **Suplementos especiales:** Son compensaciones por actividades que no hacen parte del ciclo del trabajo, pero sin estas no se podría llevar a cabo la actividad correctamente. Este tipo de suplemento comprende:
 - Suplemento por comienzo: Por actividades preoperativas
 - Suplemento por cierre: Por conceptos habituales del final del día.
 - Suplemento limpieza: limpieza de área de trabajo o de máquinas.
 - Suplemento por herramientas: Pues lleva tiempo ajustar dichas herramientas y ajustarlas.
 - Suplemento por montaje: Por tiempo necesario para alistar la máquina.
 - Suplemento por desmontaje: Debido a las actividades al terminar el proceso.
 - Suplementos por cambios diversos: Es por aquel tiempo que deben esperar al principio o al final de una tarea.
 - Suplementos por rechazos: Es cuando el proceso tiene características inherentes como una proporción de productos que salen defectuosos.
 - Suplemento por recargo: son dadas por posibles recargos de trabajo.
 - Suplemento por aprendizaje: este está dado por la habilidad del operario.
 - Suplemento por formación
 - Suplemento por implantación
 - Suplemento por pequeños lotes: Esto depende si la actividad depende de un solo ejemplar o de varios, del tamaño de la tirada, frecuencia de aparición de trabajos similares y del grado de complejidad. (OIT,2008)

Los puntajes estándares a utilizar por tipo de suplemento se encuentran a continuación:

Figura 3: Puntaje estándar por suplemento

2. POSTURA (FACTOR A.2)	
Determinar si el trabajador está sentado, de pie, agachado o en una posición engorrosa, si tiene que manipular una carga y si ésta es fácil o difícil de manipular.	
	<i>Puntos</i>
Sentado cómodamente	0
Sentado incómodamente, o a veces sentado y a veces de pie	2
De pie o andando libremente	4
Subiendo o bajando escaleras sin carga	5
De pie o andando con una carga	6
Subiendo o bajando escaleras de mano, o debiendo a veces inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	8
Levantando pesos con dificultad, traspalando balasto a un contenedor	10
Debiendo constantemente inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	12
Extrayendo carbón con un zapapico, tumbado en una veta baja	16

(OIT,2008)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. VIBRACIONES (FACTOR A.3)

Considerar el impacto de las vibraciones en el cuerpo, extremidades o manos, y el aumento del esfuerzo mental debido a las mismas o a una serie de sacudidas o golpes.

	Puntos
Traspalar materiales ligeros	1
Coser con máquina eléctrica o afín	2
Sujetar el material en el trabajo con prensa o guillotina mecánica	
Tronzar madera	4
Traspalar balasto	
Trabajar con una taladradora mecánica portátil accionada con una sola mano	
Picar con zapapico	6
Emplear una taladradora mecánica que exige las dos manos	8
Emplear un martillo perforador con hormigón	15

4. CICLO BREVE (TRABAJO MUY REPETITIVO) (FACTOR A.4)

Si en un trabajo muy repetitivo una serie de elementos muy cortos forman un ciclo que se repite continuamente durante un largo período, se atribuyen puntos como se indica a continuación a fin de compensar la imposibilidad de alternar los músculos utilizados durante el trabajo.

Tiempo medio del ciclo (centiminutos)	Puntos
16-17	1
15	2
13-14	3
12	4
10-11	5
8-9	6
7	7
6	8
5	9
Menos de 5	10

(OIT,2008)

5. ROPA MOLESTA (FACTOR A.5)

Considerar el peso de la ropa de protección en relación con el esfuerzo y el movimiento. Observar asimismo si la ropa estorba la aireación y la respiración.

	Puntos
Guantes de caucho para cirugía	1
Guantes de caucho de uso doméstico	2
Botas de caucho	
Gafas protectoras para afilador	3
Guantes de caucho o piel de uso industrial	5
Máscara (por ejemplo, para pintar con pistola)	8
Traje de amianto o chaqueta encerada	15
Ropa de protección incómoda y mascarilla de respiración	20

(OIT,2008)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

B. Tensión mental

1. CONCENTRACION/ANSIEDAD (FACTOR B.1)

Considerar las posibles consecuencias de una menor atención por parte del trabajador, el grado de responsabilidad que asume, la necesidad de coordinar los movimientos con exactitud y el grado de precisión o exactitud exigido.

	Puntos
Hacer un montaje corriente Traspalar balasto	0
Hacer un embalaje corriente; lavar vehículos Empujar carrito por un pasillo despejado	1
Alimentar troquel de prensa sin tener que aproximar la mano a la prensa Rellenar de agua una batería	2
Pintar paredes	3
Juntar lotes pequeños y sencillos sin necesidad de prestar mucha atención Cosér a máquina con guía automática	4
Pasar con carrito a recoger pedidos de almacén Hacer una inspección simple	5
Cargar/descargar troquel de una prensa; alimentar la prensa a mano Pintar metal labrado con pistola	6
Sumar cifras Inspeccionar componentes detallados	7
Bruñir y pulir	8
Cosér a máquina guiando manualmente el trabajo Empaquetar bombones surtidos recordando de memoria la presentación y efectuando la consiguiente selección Montar trabajos demasiado complejos para ser automatizados Soldar piezas sujetas con una plantilla	10
Conducir un autobús con tráfico intenso o neblina Marcar piezas con detalles de mucha precisión	15

(OIT,2008)

2. MONOTONIA (FACTOR B.2)

Considerar el grado de estímulo mental y, en caso de trabajar con otras personas, espíritu de competencia, música, etc.

	Puntos
Efectuar de a dos un trabajo por encargo	0
Limpiarse los zapatos solitariamente durante media hora	3
Efectuar un trabajo repetitivo Efectuar un trabajo no repetitivo	5
Hacer una inspección corriente	6
Sumar columnas similares de cifras	8
Efectuar solo un trabajo sumamente repetitivo	11

(OIT,2008)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. TENSION VISUAL (FACTOR B.3)

Considerar las condiciones de iluminación natural y artificial, deslumbramiento, centelleo, color y proximidad del trabajo, así como la duración del período de tensión.

	Puntos
Efectuar un trabajo fabril normal	0
Inspeccionar defectos fácilmente visibles	2
Clasificar por colores artículos con colores distintivos	
Efectuar un trabajo fabril con mala luz	4
Inspeccionar con intermitencias defectos de detalle	
Clasificar manzanas según su tamaño	
Leer el periódico en un autobús	8
Soldar por arco con máscara	10
Inspeccionar con la vista en forma continua, p. ej., los tejidos salidos del telar	
Hacer grabados utilizando un monóculo de aumento	14

4. RUIDO (FACTOR B.4)

Considerar si el ruido afecta a la concentración, si es un zumbido constante o un ruido de fondo, si es regular o aparece de improviso, si es irritante o sedante. (Se ha dicho del ruido que es «un sonido fuerte producido por otra persona y no por mí».)

	Puntos
Trabajar en una oficina tranquila sin ruidos que distraigan	0
Trabajar en un taller de pequeños montajes	
Trabajar en una oficina del centro de la ciudad oyendo continuamente el ruido del tráfico	1
Trabajar en un taller de máquinas ligeras	2
Trabajar en una oficina o taller donde el ruido distraiga la atención	
Trabajar en un taller de carpintería	4
Hacer funcionar un martillo de vapor en una fragua	5
Hacer remaches en un astillero	9
Perforar pavimentos de carretera	10

(OIT,2008)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2. VENTILACION (FACTOR C.2)

Considerar la calidad y frescura del aire, así como el hecho de que circule o no (climatización o corriente natural).

	<i>Puntos</i>
Oficinas	0
Fábricas con ambiente físico similar al de una oficina	
Talleres con ventilación aceptable, pero con un poco de corriente de aire	1
Talleres con corrientes de aire	3
Sistema de cloacas	14

3. EMANACIONES DE GASES (FACTOR C.3)

Considerar la naturaleza y concentración de las emanaciones de gases: tóxicos o nocivos para la salud; irritantes para los ojos, nariz, garganta o piel; olor desagradable.

	<i>Puntos</i>
Torno con líquidos refrigerantes	0
Pintura de emulsión	1
Corte por llama oxiacetilénica	
Soldadura con resina	
Gases de escape de vehículos de motor en un pequeño garaje comercial	5
Pintura celulósica	6
Trabajos de moldeado con metales	10

(OIT,2008)

4. POLVO (FACTOR C.4)

Considerar el volumen y tipo de polvo.

	<i>Puntos</i>
Trabajo de oficina	0
Operaciones normales de montaje ligero	
Trabajo en taller de prensas	
Operaciones de rectificación y bruñido con buen sistema de aspiración del aire	1
Aserrar madera	2
Evacuar cenizas	4
Abrasión de soldaduras	6
Trasegar coque de tolvas a volcadores o camiones	10
Descargar cemento	11
Demoler edificios	12

(OIT,2008)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

5. SUCIEDAD (FACTOR C.5)

Considerar la naturaleza del trabajo y la molestia general causada por el hecho de que sea sucio. Este suplemento comprende el «tiempo para lavarse» en los casos en que se paga (es decir, si los trabajadores disponen de tres o cinco minutos para lavarse, etc.). **No** deben atribuirse puntos y tiempo a la vez.

	<i>Puntos</i>
Trabajo de oficina	0
Operaciones normales de montaje	0
Manejo de multicopistas de oficina	1
Barrido de polvo o basura	2
Desmontaje de motores de combustión interna	4
Trabajo debajo de un vehículo de motor usado	5
Descarga de sacos de cemento	7
Extracción de carbón	10
Deshollinado de chimeneas	10

6. PRESENCIA DE AGUA (FACTOR C.6)

Considerar el efecto acumulativo del trabajo efectuado en ambiente mojado durante un largo período.

	<i>Puntos</i>
Operaciones normales de fábrica	0
Trabajo al aire libre, p. ej. el de cartero	1
Trabajo continuo en lugares húmedos	2
Apomazado de paredes con agua	4
Manipulación continua de productos mojados	5
Lavandería-tintorería: trabajos con agua y vapor, suelo empapado de agua, manos en contacto con el agua	10

(OIT,2008)

Teniendo en cuenta la suma acumulada total de los puntos se debe llevar a la siguiente tabla y mirar el resultado:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 4: Tabla de conversión de puntos

Tabla de conversión de los puntos
 Tabla V. Porcentaje de suplemento por descanso según el total de puntos atribuidos

Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11
10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
20	13	13	13	13	14	14	14	14	15	15
30	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18
40	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
50	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29
60	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36
70	37	37	38	39	40	40	41	42	43	44
80	45	46	47	48	48	49	50	51	52	53
90	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
100	64	65	66	68	69	70	71	72	73	74
110	75	77	78	79	80	82	83	84	85	87

Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
120	88	89	91	92	93	95	96	97	99	100
130	101	103	105	106	107	109	110	112	113	115
140	116	118	119	121	122	123	125	126	128	130

(OIT,2008)

Con este porcentaje adicional resultante del análisis de los suplementos llevados a la tabla, se multiplica al promedio del tiempo básico con este factor, dejando como resultado el tiempo promedio de ciclo. (Patiño, 2011)

1.3.6 Metodología AHP

Este método es una herramienta del área de toma de decisiones, en donde a partir varios criterios (multicriterio) se puede llegar a optimizar la toma de decisiones sobre un tema.

La herramienta se utiliza cuando es necesario priorizar ciertos criterios por medio de unos pesos asignados por el decisor para así llegar un resultado numérico que sugiera la opción más conveniente. (Taoufikallah, 2016)

Para poder aplicar la teoría, es necesario tener en cuenta los siguientes axiomas:

“Axioma 1, referente a la condición de juicios recíprocos: La intensidad de preferencia de A_i/A_j es inversa a la preferencia de A_j/A_i .”

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

“Axioma 2, referente a la condición de homogeneidad de los elementos: Los elementos que se comparan son del mismo orden de magnitud.”

“Axioma 3, referente a la condición de estructura jerárquica o estructura dependiente de reaprovechamiento: Dependencia en los elementos de dos niveles consecutivos en la jerarquía y dentro de un mismo nivel.”

“Axioma 4, referente a condición de expectativas de orden de rango: Las expectativas deben estar representadas en la estructura en términos de criterios y alternativas.” (Taoufikallah, 2016)

1.3.6.1 Procedimiento de análisis jerárquico del método AHP

A) Calcular índices de concordancia: Matriz donde se hace una comparación por pares.

- Se comparan todas las variables de decisión de cada alternativa entre sí.
- Es importante tener en cuenta que cuando la primera variable de la primera alternativa que se está comparando es superior a la misma variable, pero de otra alternativa, se escribe el peso asignado a la variable de decisión. Si es igual, se debe dividir por dos, si es inferior se escribe 0. Este paso se repite para cada par y se deben sumar los resultados obtenidos luego de haber comparado en cada variable de decisión que se tiene.
- Calcular el umbral C: Este se calcula al sumar y contar los resultados de manera horizontal (por filas) en la matriz de concordancia para luego poder sumar dichas sumatorias obtenidas. Paso siguiente, se debe dividir este resultado entre el número de elementos de la matriz, menos el número de elementos de la diagonal de la misma matriz. (Galdos, 2019)

B) Calcular la matriz decisional normalizada

- Todos y cada uno de los valores de cada variable para cada una de las alternativas de decisión se deben dividir entre el rango de esa variable (valor máximo menos el mínimo). (Galdos, 2019)

C) Calcular la matriz decisional normalizada ponderada

- Se debe multiplicar el valor de cada variable de matriz anterior por su respectivo peso o calificación asignada por el decisor.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Luego se debe calcular el máximo valor absoluto de la diferencia entre los pares de alternativa para cada variable. (Galdos, 2019)

D) Matriz de comparación: Esta matriz de valores absolutos por pares de alternativas para cada una de sus variables de decisión desde la matriz del literal c

- Si: Valor de vble 1 para la alternativa 1 < Valor de vble 1 para alternativa 2, se escribe el valor absoluto de la diferencia entre estos dos valores de lo contrario se debe poner 0. No es posible que estos dos valores sean iguales. Esto debe repetirse para todas las variables de decisión de cada valor que se debe evaluar.
- Luego se debe identificar el valor máximo para cada una de las variables de decisión que se obtuvo en el literal anterior mencionado. (Galdos, 2019)

Paso siguiente, se debe el valor máximo valor obtenido en el literal anterior entre la diferencia obtenida en el segundo párrafo del literal D.

Se debe calcular el umbral D así como se calcula el umbral C, el cual se menciona como calcularlo en el literal A en el 3er párrafo. (Galdos, 2019)

1.3.7 Método de valor esperado

Cuando se habla de probabilidades o pesos, es posible hablar del método de valor esperado para hacer un modelo y así tener, por medio de un método numérico, una optimización en la toma de decisiones.

Figura 5: definición de Valor esperado

$$VE(d_1) = \sum_{j=1}^N P(s_j) V_{ij}$$

(Sweeney Williams, 2011)

Donde se debe cumplir lo siguiente:

$$P(s_j) \geq 0 \text{ para todos los estados de la naturaleza}$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

$$\sum_{j=1}^N P(S_1) + P(S_2) + \dots + P(S_N) = 1$$

Donde:

N = Numero de estados de la naturaleza

P(S_j) = Probabilidad del estado de la naturaleza (S_j)

En otras palabras, en una decisión el valor esperado es el resultado de una suma de resultados ponderados para la alternativa de decisión. El peso dado por el decisor de un resultado es la probabilidad del estado de la naturaleza asociada, por lo que es la probabilidad que dicha alternativa suceda.

Es importante para este método tener claro cuál es el objetivo, esto se puede saber teniendo en cuenta los pesos del decisor. (Sweeney Williams, 2011)

1.3.8 Análisis de sensibilidad

Esta técnica es utilizada para poder analizar como los cambios en diferentes escenarios (cambios en las probabilidades) para los estados de la naturaleza, cambian los resultados de la alternativa recomendada. Lo interesante del método es que ayuda al decisor a saber cuáles entradas son cruciales y sensibles que hacen que el resultado sugerido cambie. Si en dado caso, al ver que un pequeño cambio en los pesos hace cambiar el resultado sugerido, es necesario hacer un esfuerzo adicional asegurando que el valor de entrada es preciso.

Para hacer dicho análisis se debe resolver la ecuación utilizando varios valores diferentes en los pesos, donde se visualice como afectan dichos cambios en los resultados. (Sweeney Williams, 2011)

2. ENFOQUE Y METODOLOGÍA

Para el estudio y desarrollo del siguiente trabajo se tuvo en cuenta en primer lugar estudio del trabajo y de tiempos para poder obtener información relevante con respecto al caso de Ciclotrón Colombia S.A.S, para esto se basó en su mayoría en el libro *Introducción al Estudio del trabajo* Publicado con la dirección de George Kanawaty, 4ta Edición. Después se utilizaron métodos de Manufactura esbelta (VSM) y Medición de tiempos para desglosar las actividades y poder mapear la situación actual de la empresa y de la misma manera poder plantear posibles soluciones para el problema presentado. Por último, se llevan técnicas de la toma de decisiones para poder escoger y proponer a la empresa una solución satisfactoria.

2.1 ESTUDIO DEL TRABAJO

2.1.1 Selección

En el proceso de selección de trabajo, se llegó a la conclusión que en orden de prioridad como se observó en las gráficas dadas por la misma empresa en promedio casi el 60% de los envíos tardes a las empresas se dan por la parte de producción por esta razón se seleccionó el área de producción como un área crucial para el desarrollo de la cadena de valor.

De esa misma manera y por recomendaciones de la empresa se decidió enfocar todo el estudio de tiempos y de métodos al área de Medicina Nuclear (MN) debido a que realizar un estudio en la zona de PET resulta muy complicado debido a que esta área requiere de mayor cuidado al tener un componente radioactivo en mayor cantidad y más fuerte que el de Medicina Nuclear, por lo tanto se hubiera visto comprometido tanto la salud de los desarrolladores de esta trabajo como la veracidad y aproximación de los datos a utilizar.

2.1.1.1 Descripción del Puesto de Trabajo

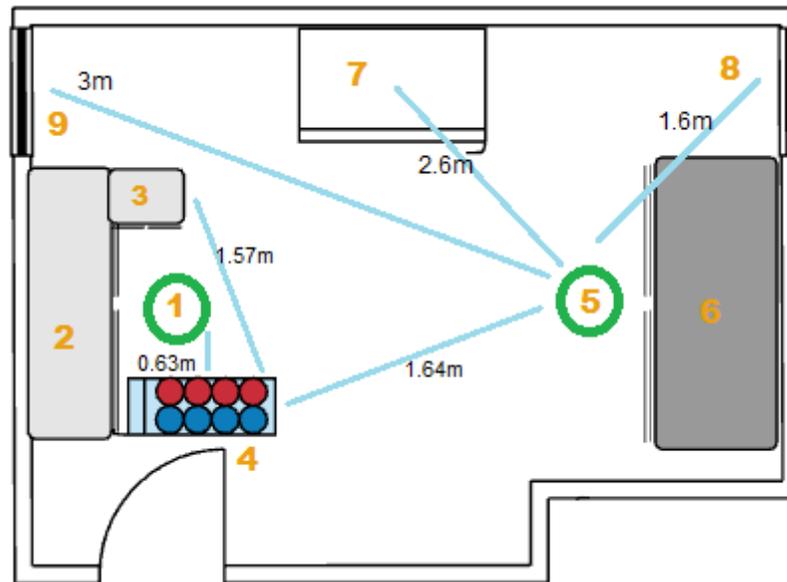
El área de Medicina Nuclear, está en su mayoría operada por dos colaboradores John Freddy Vázquez que actúa como dosificador y Carlos Mario Carmona que actúa como asistente dentro del puesto de trabajo. El dosificador se encuentra sentado en un componente el cual consiste de un vitral en donde el trabajador puede meter sus manos y efectuar todos los movimientos de dosificación dentro de la cabina, a mano izquierda del dosificador se encuentra el carro que tiene encima los pigs y está a 0.63 m del dosificador. A mano derecha tiene un dispositivo que se encarga de informarle cuanta mezcla debe llenar para poder cumplir con la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

radioactividad a la hora que sea inyectado al paciente, esta misma máquina imprime los papeles que asistente tomará y llevara a la mesa de constancia y a los pigs que van a contener las jeringas. El asistente se encuentra a 1.64 m del dosificador como de los carros que contienen los pigs, el asistente tiene una mesa en la cual están los papeles que debe ir llenando mediante se van cumpliendo las órdenes. Tiene a un lado los papeles de constancia y al otro lado las calcas que van a ir pegadas a los diferentes pigs. Existen en el área de trabajo dos passthroughs, uno que va a dar a calidad que se encuentra a 1.6 m de la mesa del asistente y el otro passthrough es el que conecta con despachos y se encuentra a 3 m del asistente. Adicional a las dos unidades en el área se tiene una mesa con un teléfono que responden llamadas de calidad y de despacho y debajo de esta mesa está un dispositivo que almacena el material radioactivo para la mezcla, dicha mesa está a 2.6 m del asistente. Es importante resaltar la distancia al asistente debido a que es el quien debe ir a contestar el teléfono, llevar los lotes a despacho y llevar la muestra a calidad.

2.1.1.2 Espaciamento del puesto de trabajo

Figura 6: Espaciamento, toma superior



En la figura anterior se puede observar una vista superior del área de trabajo de Medicina Nuclear explicado de la siguiente manera:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1: Es el puesto de trabajo del dosificador en donde tiene una silla desde donde hace todas las labores.

2: Es la cabina de flujo laminar plomada en donde el dosificador efectúa todos los movimientos con el material radioactivo, es donde ocurre toda la dosificación.

3: Es el Activímetro que cumple la función de decirle al dosificador, al introducir la hora de la jeringa, éste le devuelve cuanto debe ser el nivel a llenar cumpliendo con la cantidad de radioactividad (incluyendo su vida media).

4: Es el carro que contiene los pigs y donde son puestos en cargaderas de 12 pigs y que se encuentra a 0.63 metros del dosificador.

5: Es el puesto de trabajo del auxiliar, el cual tiene silla, pero el trabajo lo obliga a mantener en pie.

6: Es la mesa de trabajo del auxiliar en donde desarrolla todo el tema que tiene que ver con papeleo, pegando el comprobante del activímetro tanto en la constancia como en la hoja de calcas que irán a los pigs.

7: Es la mesa en la cual se encuentra el teléfono para comunicarse tanto con calidad como con despachos, debajo de esta mesa se encuentra el contenedor que tiene el material radioactivo del cual se hacen las eluciones del día.

8: Es el Passthrough a calidad en donde al comenzar cada elusión de cada tipo de radiofármaco se manda una muestra a calidad para su revisión.

9: Es el Passthrough a despachos en donde el auxiliar del dosificador mueve los diferentes lotes para las diferentes clínicas.

2.1.1.3 Descripción del trabajo

El trabajo se puede definir en dos procesos contiguos, está el proceso de elusión-dosificación del radiofármaco y la marcación-rotulación del radiofármaco, a continuación, se describirá cada paso del proceso de acuerdo al trabajador que lo emplea:

DOSIFICADOR

Elución del generador de Mo99/Tc-99: En esta actividad se saca la actividad de material radioactivo disponible para la dosificación en las jeringas, este proceso ocurre una vez por cada jornada (Existen dos jornadas de dosificación, a las 3:30

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

am y a las 10:00 am). Esta actividad puede ser catalogada como un Elemento Constante debido a que siempre tienen un tiempo básico igual, ya que el tiempo en que se emplea varía muy poco.

Marcación del radiofármaco: En esta actividad se realiza la unión química del material radioactivo y el fármaco, los productos pueden ser MIBI, MDP, DTPA, entre otros. Esta actividad es netamente química y por lo tanto es otro Elemento constante debido a que por sus características siempre tienen un tiempo básico igual.

Dosificación: En la Dosificación la actividad se puede partir en micro movimientos que son importantes a la hora del desarrollo de este trabajo: 1. Leer: El Dosificador debe leer primero la orden para observar para que horas es la jeringa. 2. Meter al Activímetro: El dosificador introduce en el activímetro la hora y la actividad necesaria, el activímetro le devuelve la cantidad necesaria. 3. Dosificar: El Dosificador introduce en la jeringa la cantidad. 4. Revisar: El Dosificador revisa que lo dado por el activímetro coincida con la actividad real que debe tener en el momento de llenar la jeringa. 5. Corregir: En caso de que no coincida el dosificador debe llenar un poco más o vaciar un poco la jeringa. 6. Revisar: El dosificador nuevamente vuelve a revisar si necesita hacer cambios, si se debe repetir se repiten los pasos 5 y 6. 7. Meter en Pig: El último paso es que el Dosificador toma la jeringa y la mete al carro de los pigs.

Esta actividad es crítica para el proceso debido a que es una actividad que es muy variable, más adelante en las tablas se podrá observar que el número de veces que al dosificador le toca repetir el proceso de corrección y revisión un par de veces o a veces le sale bien a la primera revisión, por eso esta actividad es crucial dentro del proceso. Estas actividades son consideradas Elementos Variables debido a que estos tiempos cambian y no se mantienen constantes.

AUXILIAR

Marcación en Constancia: El auxiliar empieza tomando el comprobante que el activímetro arroja, después de ese movimiento a la máquina, vuelve a su puesto de trabajo en donde toma unas tijeras, corta el papel, y pega uno de ellos en la constancia y el otro en una hoja de calcas que posteriormente serán pegados en los pigs individualmente. A cada uno de los comprobantes firma y sella.

Movimiento a carro (Tiempo Muerto): El auxiliar se debe desplazar hacia el carro donde se encuentran los pigs para proceder a pegar en cada uno las calcas. Esta actividad es considerada como un tiempo perdido por que el movimiento del auxiliar no agrega valor al producto final.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Pegar en Pigs: El auxiliar pega en los pigs las calcas correspondientes a cada jeringa.

Movimiento al activímetro (Tiempo Muerto): El auxiliar debe movilizarse nuevamente al activímetro a recoger el comprobante de la jeringa que sigue en la línea. Esta actividad también es considerada como un tiempo muerto debido a que el desplazamiento del auxiliar no genera ningún valor para el producto.

Todas las actividades del auxiliar son Elementos variables debido a que ninguno de ellos tiene tiempos constantes.

CALIDAD

La actividad de calidad se da una vez por cada jornada (una vez a las 3:30 am y otra a las 10:00 am) y consiste en que al terminar una marcación de cualquier radiofármaco (MIBI, MDP, DTPA, etc) se saca una jeringa para calidad en donde atraviesa un proceso químico dependiendo del fármaco. Es un proceso crucial al proceso debido a que es paralelo a todas las actividades de dosificación y marcación y los lotes no pueden salir si los radiofármacos que van en él no cumplen con los criterios de calidad. Sin embargo, es un Elemento constante para cada radiofármaco debido a que es un proceso químico, los tiempos de calidad son fijos y no cambian con respecto a las actividades

2.1.2 Registro detalles del trabajo (Recolección de Información)

Para la recolección de información se agendaron 4 visitas en las fechas septiembre 20, septiembre 25, octubre 3 y octubre 25, 3 de las cuales se ejecutaron en la jornada de la madrugada (3:30 am) y una en la jornada de la mañana (10:00 am), los instrumentos utilizados fueron los cronómetros de los celulares en donde uno se enfocaba en cronometrar al Dosificador y el otro se encargaba del Auxiliar. La tabla que se utilizó es la vista en el **Anexo 2**.

Al tener la tabla se procedió a la toma de tiempos de donde se pudieron extraer 104 datos del dosificador repartidos en 2 fármacos diferentes (MIBI y MDP), se escogieron estos dos fármacos con la directora de trabajo de grado debido a que son los fármacos que son más pedidos por los clientes. Cada fármaco tiene tiempos de Elución, Calidad y Marcación, sin embargo, el tiempo de dosificación y de Marcación en constancia sigue una variabilidad similar en ambos casos, debido a que los fármacos poseen la misma densidad y los equipos usados son exactamente los mismos.

Para el dosificador se siguió un proceso de micro-movimientos por que se observó que a este trabajador le toca hacer muchos movimientos en cada ciclo que se repite,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

debido a esto y al ser movimientos de corto tiempo. El día octubre 25 se emplearon dos cronómetros al dosificador para poder observar más detalladamente los movimientos que emplea y poder sacar unas importantes conclusiones sobre los ciclos que se repiten.

Octubre 25

Para este día se empleó la tabla del **Anexo 3**

Para estos datos se pudo observar que el dosificador le pueden pasar uno de tres casos:

1. **Tiempo Total (1 corrección):** El cuál es el tiempo de ciclo que incluye una corrección, es decir, el dosificador dosifica revisa, tiene que corregir, revisa una vez más y pasa a pasarlo a los pigs.
2. **Tiempo Corrección adicional:** Se puede dar que el dosificador necesite más de una corrección para poder tener la actividad necesaria en cada jeringa, por lo tanto, en las tablas se consideró el tiempo adicional por corrección que más adelante se utilizó para poder sacar el tiempo promedio por corrección adicional.
3. **Tiempo Buena a la primera revisión:** Es el tiempo en el cual el dosificador no tiene que corregir y con la primera revisión pasa a llevarlo al pig directamente.

Los datos tomados de los micromovimientos se pueden ver en el **Anexo 4**

De donde se pretendía poder sacar los tiempos de ciclo promedio de los tiempos con una corrección y buenos a la primera y poder sacar los tiempos promedios de corrección adicional como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 1. Tiempo promedio y ciclo de micromovimiento

<u>Promedio</u>	28.5964103	13.5333333		
<u>Tiempo promedio de ciclo</u>	28.5964103			
<u>Tiempo promedio corrección adicional</u>	13.5333333			

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La importancia de estos datos es que sirvieron para poder diferenciar en los tiempos de dosificación cuánto tiempo se empleó en reprocesar la actividad y cuantas veces como se podrá evidenciar en los siguientes anexos.

Septiembre 20

Para ver la Tabla de MIBI ver el **Anexo 5**

Para ver la Tabla de MDP ver **Anexo 6**

Septiembre 25

Para ver la Tabla de MIBI ver el **Anexo 7**

Para ver la Tabla de MDP ver **Anexo 8**

Octubre 3

Par ver la Tabla de MDP ver **Anexo 9**

2.1.3 Analizar detalles del trabajo (Procedimiento)

Al tener los datos anteriormente planteados, se vió en la tarea de llegar a un tiempo de ciclo para las actividades de dosificación y después para el proceso de marcación en constancia.

2.1.3.1 Procesamiento de Datos de Dosificación

Al trabajar con los micromovimientos se observó que existe una correlación entre la cantidad de líquido a dosificar y el tiempo que se demora en este proceso como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 2. Correlación Volumen - Tiempo

Dosificación (s) (Y)	Volumen (mL)(X)	Correlación
18.11	0.7	0.81260906
23.91	0.9	
12.74	0.5	
5.96	0.3	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

5.2	0.3	
5.14	0.3	
5.77	0.4	
13.02	0.5	
10.91	0.28	
15.3	0.6	
4.86	0.3	
4.25	0.3	
5.2	0.5	
7.67	0.4	
4.9	0.4	
4.93	0.5	
5.86	0.4	
4.85	0.4	
5.9	0.5	
5.54	0.5	
170.02	8.98	Suma
8.501	0.449	Promedio

De donde se observó que existe una relación positiva entre el tiempo y el volumen lo que quiere decir que a mayor volumen se genera mayor tiempo.

A raíz de esto se tomó el tiempo tipo para poder establecer una calificación y puntaje a los tiempos obtenidos de dosificación. El tiempo tipo por lo tanto es 36.7 segundos para cumplir un ciclo sin correcciones adicionales y buena a la primera.

De ahí se generó una tabla con ponderaciones siendo 36 segundo una calificación de 100, hacía 35 se aumentó de a 0.5 y hacía 37 se le restó 0.5 y la tabla quedó de la siguiente manera

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

**Tabla 3.
Calificaciones
Dosificación**

Tiempo(s)	Calificación
0	118
1	117.5
2	117
3	116.5
4	116
5	115.5
6	115
7	114.5
8	114
9	113.5
10	113
11	112.5
12	112
13	111.5
14	111
15	110.5
16	110
17	109.5
18	109
19	108.5
20	108
21	107.5
22	107
23	106.5
24	106
25	105.5
26	105
27	104.5
28	104

29	103.5
30	103
31	102.5
32	102
33	101.5
34	101
35	100.5
36	100
37	99.5
38	99
39	98.5
40	98
41	97.5
42	97
43	96.5
44	96
45	95.5
46	95
47	94.5
48	94
49	93.5
50	93
51	92.5
52	92
53	91.5
54	91
55	90.5
56	90
57	89.5
58	89
59	88.5
60	88
61	87.5
62	87
63	86.5
64	86
65	85.5

66	85
67	84.5
68	84
69	83.5
70	83
71	82.5
72	82
73	81.5
74	81
75	80.5
76	80
77	79.5
78	79
79	78.5
80	78
81	77.5
82	77
83	76.5
84	76
85	75.5
86	75
87	74.5
88	74
89	73.5
90	73
91	72.5
92	72
93	71.5
94	71
95	70.5
96	70
97	69.5
98	69
99	68.5
100	68
101	67.5
102	67

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

103	66.5
104	66
105	65.5
106	65
107	64.5
108	64
109	63.5
110	63
111	62.5
112	62
113	61.5
114	61
115	60.5
116	60
117	59.5
118	59
119	58.5
120	58
121	57.5
122	57
123	56.5

124	56
125	55.5
126	55
127	54.5
128	54
129	53.5
130	53
131	52.5
132	52
133	51.5
134	51
135	50.5
136	50
137	49.5
138	49
139	48.5
140	48
141	47.5
142	47
143	46.5
144	46

145	45.5
146	45
147	44.5
148	44
149	43.5
150	43
151	42.5
152	42
153	41.5
154	41
155	40.5
156	40
157	39.5
158	39
159	38.5
160	38
161	37.5
162	37
163	36.5

Una vez obtenidos las tablas con la calificación adecuada se procedió a generar una tabla con los 104 datos de dosificación en donde con la función BUSCARV se le asignó una calificación respectiva. Después de la calificación se sacó el Tiempo Base que consiste en multiplicar el tiempo observado por la calificación dividido 100 del cual se obtiene el tiempo base. Ver **Anexo 10**

Al tener los tiempos bases se sacó el tiempo base promedio y ya con ese dato se utilizó la tabla de suplementos para que se tuviera en cuenta el área de trabajo, por lo tanto, se diseñó la siguiente tabla.

Tabla 4 . Suplementos Dosificador

Criterio	Tabla tiempo suplemento	
	Situación	Puntaje de Suplemento
POSTURA	Sentado Cómodamente	0
VIBRACIONES	Traspalar Materiales ligeros	1
CICLO BREVE	Menos de 5 (centiminutos)	10
ROPA MOLESTA	Guantes Caucho para cirugía	1
TENSIÓN MENTAL	Inspeccionar componentes detallados	7
MONOTONIA	Efectuar un trabajo sumamente repetitivo	11
TENSIÓN VISUAL	Inspeccionar con intermitencias defectos de detalles	4
RUIDO	Trabaja en oficina tranquila sin ruidos que distraigan	0
VENTILACIÓN	Oficinas	0
EMANACIÓN DE GASES	Torno con líquidos refrigerantes	0
POLVO	Trabajo de oficina	0
SUCIEDAD	Trabajo de oficina	0
PRESENCIA DE AGUA	Operaciones normales	0
	Suma	34
	En tabla	17%

Al tener la suma del puntaje de los suplementos se procedió a utilizar la tabla de suplementos en la cual para una puntuación de 34 especificaba que se debía multiplicar por un factor de 17%.

Al tener ya el tiempo promedio base y el factor de suplementos se multiplican y se encuentra el tiempo de ciclo de dosificación que resultó ser **35.95** segundos por jeringa.

2.1.3.2 Procesamiento de Datos de Marcación en constancia

En el proceso de Marcación en constancia se tomaron todos los tiempos observados y se escogió el menor tiempo como el tiempo tipo para poder tener una calificación con respecto a los demás tiempos observados, como se puede ver en el **Anexo 11**.

A partir de los resultados del tiempo base se desarrolló una tabla de calificación con un paso de 0.5 para arriba y para abajo.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

**Tabla 5.
Calificaciones
Marcación
Constancia**

Tiempo(s)	Calificación
10	105.5
11	105
12	104.5
13	104
14	103.5
15	103
16	102.5
17	102
18	101.5
19	101
20	100.5
21	100
22	99.5
23	99
24	98.5
25	98
26	97.5
27	97
28	96.5
29	96
30	95.5
31	95
32	94.5
33	94

34	93.5
35	93
36	92.5
37	92
38	91.5
39	91
40	90.5
41	90
42	89.5
43	89
44	88.5
45	88
46	87.5
47	87
48	86.5
49	86
50	85.5
51	85
52	84.5
53	84
54	83.5
55	83
56	82.5
57	82
58	81.5
59	81
60	80.5
61	80
62	79.5
63	79
64	78.5
65	78
66	77.5
67	77
68	76.5

69	76
70	75.5
71	75
72	74.5
73	74
74	73.5
75	73
76	72.5
77	72
78	71.5
79	71
80	70.5
81	70
82	69.5
83	69
84	68.5
85	68
86	67.5
87	67
88	66.5
89	66
90	65.5
91	65
92	64.5
93	64
94	63.5
95	63
96	62.5
97	62
98	61.5
99	61
100	60.5
101	60
102	59.5
103	59

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

104	58.5
105	58
106	57.5
107	57
108	56.5
109	56
110	55.5
111	55

112	54.5
113	54
114	53.5
115	53
116	52.5
117	52
118	51.5
119	51

120	50.5
121	50
122	49.5

Después de generar la tabla se procedió en Excel a desarrollar el tiempo básico de cada una de los 104 datos tomados en campo, después se sacó el tiempo básico promedio, como se puede ver en el **Anexo 11** y se procedió a generar la tabla de suplementos:

Tabla 6. Suplementos Marcación en constancia

Tabla tiempo suplemento		
Criterio	Situación	Puntaje de Suplemento
POSTURA	De pie	4
VIBRACIONES	Traspalar Materiales ligeros	1
CICLO BREVE	Menos de 5 (centiminutos)	10
ROPA MOLESTA	Guantes Caucho para cirugía	1
TENSIÓN MENTAL	Hacer una inspección simple	5
MONOTONIA	Efectuar un trabajo repetitivo	5
TENSIÓN VISUAL	Inspeccionar aspectos fácilmente visibles	2
RUIDO	Trabaja en oficina tranquila sin ruidos que distraigan	0
VENTILACIÓN	Oficinas	0
EMANACIÓN DE GASES	Torno con líquidos refrigerantes	0
POLVO	Trabajo de oficina	0
SUCIEDAD	Trabajo de oficina	0
PRESENCIA DE AGUA	Operaciones normales	0
Suma		28

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Al tener la suma del puntaje de los suplementos se procedió a utilizar la tabla de suplementos en la cual para una puntuación de 28 especificaba que se debía multiplicar por un factor de 15%.

Al tener ya el tiempo promedio base y el factor de suplementos se multiplican y se encuentra el tiempo de ciclo de marcación en constancia que resultó ser 38.29 segundos por jeringa.

2.1.3.3 Tiempos de Ciclo por radiofármaco: MIBI

Al tener los tiempos de ciclos listos para los procesos de dosificación y el de marcación en constancia se procedió a encontrar los tiempos de ciclo para los demás elementos constantes (Elución, marcación y tiempo de calidad) y se obtuvo la siguiente tabla que nos servirá para desarrollar el Value Stream Mapping con el fin de tener una mejor observación del modelo actual.

Tabla 7. Tiempos de Ciclo: MIBI

MIBI					
Elución del generador de Mo99/Tc-99	Marcación del radiofármaco	Tiempo Muerto	Tiempo Calidad	Dosificación	Marcación en constancia
183	85	923.4	1800		
162	100.53	902	1920		
	95.4	902	1920		
172.5	93.6433333	909.133333	1880	35.95420463	38.2947894
					Tiempo de ciclo (s)

2.1.3.4 Tiempos de Ciclo por radiofármaco: MDP

Para MDP se realizó un proceso idéntico obteniendo la siguiente tabla.

Tabla 8. Tiempos de Ciclo: MDP

MDP

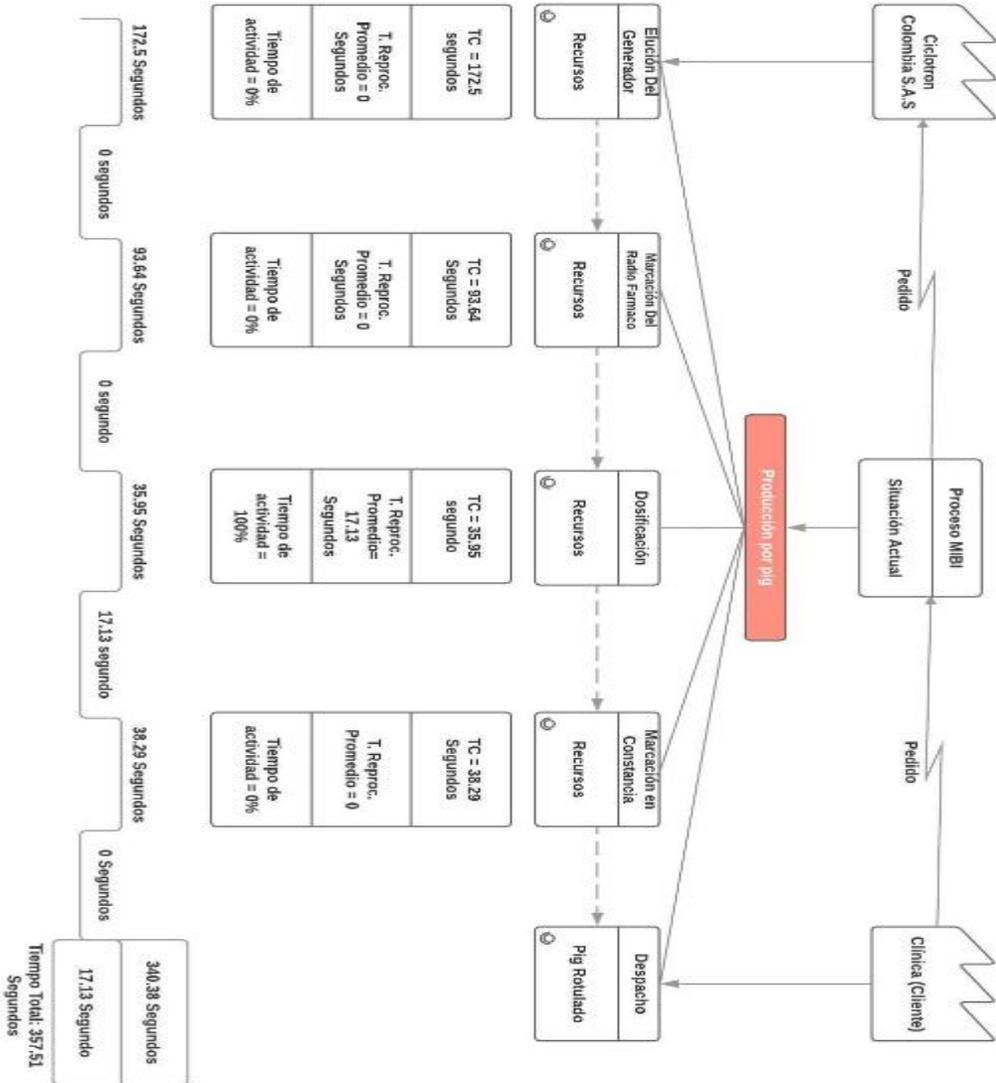
Elución del generador de Mo99/Tc-99	Marcación del radiofármaco	Tiempo Muerto	Tiempo Calidad	Dosificación	Marcación en constancia	
180	178	900	600			
162	106	863	630			
182	100	876	630			
	160	864	630			
	151	864	630			
174.666667	139	873.4	624	35.95420463	38.2947894	
						Tiempo de ciclo

2.2 VALUE STREAM MAPPING (VSM)

Con la información obtenida en el numeral anterior (estudio del trabajo), se logra crear un esquema que muestra el estado actual del proceso, donde se ilustra la secuencia del proceso, el flujo de información, tiempos de ciclo y demás.

A continuación, se muestra el esquema del proceso de cada una de las referencias analizadas en el estudio.

Figura 7. VSM MIBI



VSM modelo hecho en: (“Value Stream Mapping Software | Lucidchart,” 2018)

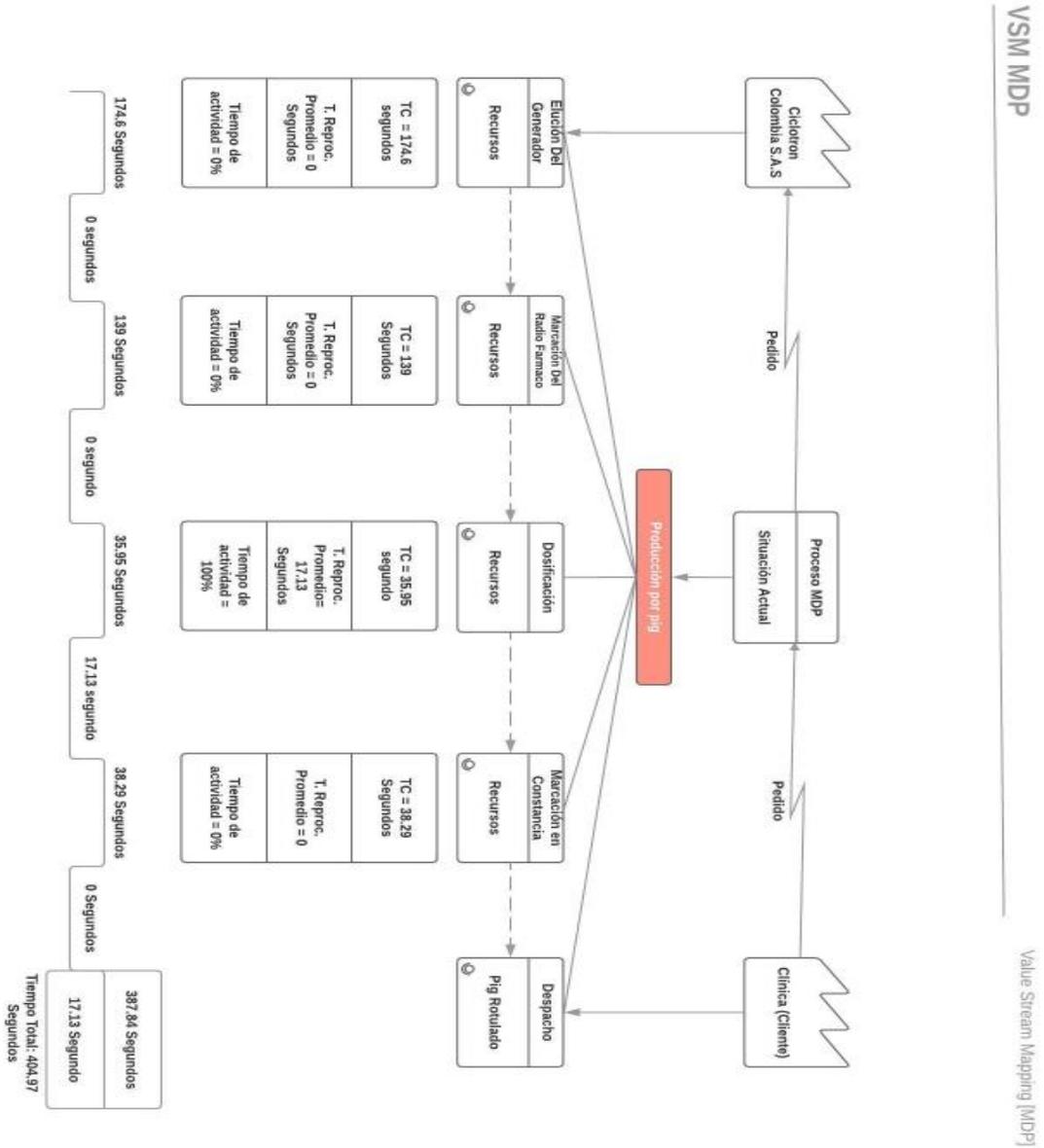
Con la técnica gráfica VSM, se puede analizar de manera clara y general cómo se comporta el proceso productivo de la referencia MIBI.

Se evidencia que una unidad (referencia MIBI) demora 5.95 minutos en promedio desde que inicia el proceso hasta que sale a despacho, teniendo en cuenta el tiempo en promedio

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

de reproceso por cada unidad que es de 17.13 segundos y pasando por cada una de las demás actividades.

Figura 8: VSM MDP



VSM modelo hecho en: (“Value Stream Mapping Software | Lucidchart,” 2018)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En la figura 8, donde se ilustra el VSM de la referencia MDP, se evidencia que una unidad se demora 6.75 minutos en promedio desde que inicia el proceso en la elaboración del generador, teniendo en cuenta el tiempo en promedio de reproceso por cada unidad que es de 17.13 segundos y pasando por cada una de las demás actividades, hasta que termina el proceso saliendo a despacho.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3. PRODUCTOS, RESULTADOS Y ENTREGABLES OBTENIDOS

3.1 PROPUESTA DE MEJORA 1 (DOSIFICADOR AUTOMÁTICO)

Descripción

La propuesta del dosificador automático consiste en reemplazar la mano de obra en la actividad de dosificación por una máquina que se encargue de esta.

Esta máquina se le deberá hacer varios pre procesos, los cuales consisten en ingresar en dicha máquina tanto las jeringas en donde se dosificará el radiofármaco, la instalación de aguja por la cual pasará el radiofármaco a procesar, la mezcla de fármaco y radiactivo (el radiofármaco) y la información indicada por el cliente (actividad necesaria y hora de aplicación del fármaco).

Una vez ingresado lo anterior, la máquina empieza el proceso de dosificación, haciendo el cálculo de cuanta cantidad en ml debe dosificar en el momento, para que el radiofármaco salga con las especificaciones dadas. La medida de actividad en la jeringa debe tomarse en todo momento y debe ser visible para el operario. Una vez alcanzada las especificaciones, la máquina entrega la jeringa lista para meterla en el pig, mostrando la radioactividad con la cual salió la jeringa, la hora de dosificación y demás información necesaria para poner en el sticker.

Justificación de la propuesta

Se evidencia que en repetidas ocasiones se debe hacer reprocesos en la actividad de dosificación y esto no solamente detiene la continuidad del proceso, sino que también genera mayor cantidad de costos para la empresa. Además, la rapidez de la actividad depende de la habilidad del operario de turno ya que el proceso es muy manual, de hecho, cuando el operario más hábil de la empresa no puede asistir por temas de salud, el proceso se afecta y termina siendo más lento, lo que se traduce a un alza en costos.

Al implementar esta máquina en el proceso se espera una disminución importante en reprocesos, un aumento en la continuidad del proceso, en la productividad, en la precisión, una mejora en la eficiencia, menor dependencia de la habilidad del operario, reducción en costos, mejora en las condiciones de trabajo y en la seguridad de los operarios.

Procedimiento

Para el desarrollo de la propuesta se procede con los siguientes 3 pasos básicos:

3.1.1) Descripción de la máquina a proponer y características de la misma.

3.1.2) Cálculo de los nuevos tiempos de ciclo teniendo en cuenta los tiempos de procesamiento de la máquina.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.1.3) Comparación con los indicadores actuales y enseñar la diferencia entre la situación real y la propuesta

3.1.1 Descripción de la máquina a proponer y características de la misma.

La máquina que se recomienda es de la marca TEMA SINERGIE, la referencia es SYR PHARMA *automatic syringe dispenser*. Se sugiere específicamente esta por su especialidad en radiofármacos y por su promesa de ser rápida y precisa además de tener el respaldo de que es totalmente compatible con la FDA (agencia del gobierno de USA responsable de la regulación en su territorio de medicamentos, alimentos, equipos médicos, cosméticos y más) y las GMP (Buenas prácticas de manufactura). (Tema Sinergie, 2019)

Algunas características son:

- Rendimiento de llenado por jeringa: 25 segundos en promedio
- Exactitud del volumen: <2%
- Dosificación de volumen del radiofármaco en un área de flujo laminar horizontal.
- Dispensador de diferentes radiofármacos en líneas separadas.
- DIMENSIONES: Ancho: 340 mm (sin portavasos), Profundidad: 300 mm, Altura: 600 mm, Peso: 33 Kg. (Tema Sinergie, 2019)

Software y PLC de la máquina:

- GAMP 5 y FDA 21 CFR parte11 compliant
- Informes y estadísticas: fin del ciclo de dispensación, alarmas y eventos. acciones del operador. Guardado automático en un archivo no corruptible ni modificable. (encriptado) (Tema Sinergie, 2019)

A continuación, se muestra la máquina:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 9. Máquina SYR PHARMA por Tema Sinergie

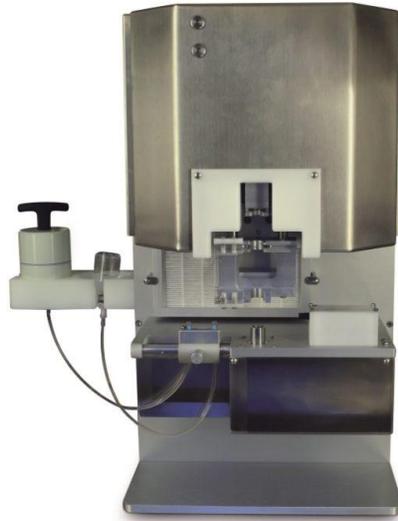


Foto tomada página web (Tema Sinergie, 2019)

3.1.2 Cálculo de los nuevos Tiempos de Ciclo con la nueva máquina

En los cálculos de los nuevos tiempos de ciclo con la propuesta se procedió de la siguiente manera:

Se utilizó la tabla del **Anexo 10** para poder modelar la situación en la que la dosificación ya no es producto de una persona llenando jeringa por jeringa sino por la máquina anteriormente descrita. Basándonos en la ficha técnica de ésta se encuentra descrito que el tiempo de llenado promedio es de 25 segundos, por lo que tomamos la columna de “Dosificación (Tiempo Observado)” como si en cada una de las jeringas se tomara el tiempo promedio (25 segundos). Al tener el tiempo observado por debajo del “Tiempo Promedio de Ciclo” se va a obtener que no existen tiempos de reprocesos debido a que la máquina llena correctamente con la cantidad de radioactividad requerida para el paciente.

Una vez ingresada la columna de “Dosificación (Tiempo Observado)” se generan automáticamente los cálculos de Tiempo Base y al final se hace la multiplicación por el factor de Tiempos de suplemento para dar finalmente con el nuevo **Tiempo Promedio del Ciclo de dosificación.**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En la figura a continuación se puede ver el comparativo:

Figura 10. Δ Tiempo de Ciclo (Máquina vs. Situación actual)

	Situación Actual	Modelo Propuesta	Δ Tiempo de Ciclo
Tiempo Promedio de Ciclo de dosificación (segundos)	35.95420463	30.85875	14.172%

En donde se evidencia que existe una diferencia de 5.09 segundos entre la situación actual y el Modelo de propuesta, lo que se ve representado como una diferencia de 14.172% del tiempo actual.

3.1.3 Comparación con los indicadores actuales y enseñar la diferencia entre la situación real y la propuesta

Una vez obtenido el Tiempo promedio de Ciclo para la dosificación, se avanzó a la comparación con los indicadores actuales para poder de esa manera medir los cambios y tomar la decisión de la propuesta más apropiada para la empresa. Se decidió tomar 2 indicadores, el % de Productividad y % Rendimiento sobre la Mano de Obra directa, es decir, cuanto es el costo de mano de obra por jeringa en la empresa Ciclotrón Colombia S.A.S.

Por lo tanto, se llevaron los tiempos promediados de tanto la referencia MIBI como la de MDP, para poder tener unos tiempos consolidados de ambas referencias para la propuesta de la máquina. Se obtuvo el siguiente resultado:

Figura 11. Nuevos Tiempos de Ciclo MIBI + MDP (Propuesta 1)

MIBI + MDP (propuesta) (tiempos en segundos)					
Elución del generador de Mo99/Tc-99	Marcación del radiofarmaco	Tiempo Muerto por Reprocesos	Dosificación	Marcación en constancia	Tiempo Promedio de Ciclo
173.5833333	116.321667	0	30.85875	38.29478935	359.0585394

Como se puede evidenciar en la anterior tabla se incluyó el nuevo Tiempo promedio de Ciclo de dosificación en la columna de “Dosificación”, la columna de Tiempo Muerto por Reprocesos es igual a cero debido a que en el modelo con la máquina

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

no se esperan reprocesos. Al final se obtiene que el Tiempo Promedio de Ciclo que todo el proceso de manufactura de las jeringas es de **359.058** segundos.

3.1.3.1) Productividad

Para lograr obtener un comparativo pertinente, se obtuvo la tabla con los tiempos promedio de ambas referencias (MIBI y MDP), sin los tiempos de la propuesta para poder observar la diferencia entre la situación actual y el modelo propuesto. En la siguiente figura se puede observar los tiempos de ciclo teóricos de la situación actual:

Figura 12. Tiempos de Ciclo Teóricos MIBI + MDP (Propuesta 1)

MIBI + MDP (teórico sin propuesta) (tiempos en segundos)					
Elución del generador de Mo99/Tc-99	Marcación del radiofármaco	Tiempo Muerto por Reprocesos	Dosificación	Marcación en constancia	Tiempo Promedio de Ciclo
173.5833333	116.321667	17.13	35.9542046	38.29478935	381.283994

Una vez obtenidas ambas tablas se procedió hacer una comparación en términos de productividad ayudados por las horas que trabajan mensualmente y de esa forma llegar a un valor promedio de Jeringas por mes y posteriormente a un porcentaje que compare con la situación actual que tanto podría mejorar el proceso en productividad. En la **Figura 13** se puede observar la comparación de la situación actual con la propuesta de mejora.

Figura 13. Comparativo Productividad Propuesta vs. Teórico (Propuesta 1)

		Jeringas Promedio / Hora	Jeringas Promedio / día	Jeringas Promedio / Mes	Productividad
Tiempo Promedio de Ciclo (Propuesta) (segundos)	359.058539	10.0262203	80.209762	1925	6.18%
Tiempo Promedio de Ciclo (Teórico) (segundos)	381.283994	9.44178108	75.5342486	1813	

Por lo tanto, en la figura anterior se puede evidenciar que el tiempo promedio en el que se logra completar una jeringa (Tiempo Promedio de Ciclo) bajo el modelo de la propuesta es de 359.05 segundos mientras que el Tiempo Promedio de Ciclo teórico es de 381.28 segundos en completar una jeringa.

Haciendo los cálculos se puede llegar a que en promedio en una hora se pueden sacar 10.02 jeringas en la propuesta y 9.44 jeringas en la situación actual. Sabiendo que la empresa trabaja 24 días al mes y cumple con dos jornadas de 4 horas, una en la madrugada y otra en la tarde, se observa que el promedio de jeringas mensuales para la propuesta es de 1925 mientras que en la situación actual es de 1813 jeringas mensuales.

Este cambio significa que la propuesta tuvo un incremento en la productividad sobre la situación actual del **6.18%** con la inclusión de la máquina dosificadora de jeringas.

3.1.3.2. Costo de Mano de Obra

Sabiendo que la máquina propuesta necesita de un auxiliar para ser operada, el costo de mano de obra tiene un cambio en el proceso, pues este pasa de tener un profesional en química y un auxiliar a tener 2 auxiliares (1 para el que opera la máquina y otro que se encarga de la marcación).

Para el cálculo del costo de mano de obra de esta propuesta se utiliza el supuesto de que el salario base del nuevo auxiliar es el mismo del auxiliar que trabaja en la situación actual. Por lo que se toma el salario base de la persona que opera la máquina y se divide por horas trabajadas diarias y mensuales para poder calcular el porcentaje de rendimiento sobre el Costo de la Mano de Obra.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Para llegar a este resultado se divide en los días hábiles que trabaja el operario al mes y luego a se divide en las horas que el Auxiliar trabaja en un día. Una vez obtenido el valor del operario Auxiliar por hora y teniendo el valor de cuantas Jeringas de (MIBI + MDP) salen por hora, se puede saber cuánto es el Costo de Mano de Obra del Auxiliar por Jeringa de (MIBI + MDP).

Una vez obtenido este valor para la propuesta, se hace el mismo ejercicio para el dato teórico obtenido en los datos de este trabajo.

Los resultados de esta comparación se encuentran en la figura a continuación:

Figura 14. Comparativo % Rendimiento Sobre MOD (Propuesta 1)

		Costo día	Costo hora	Costo Jeringa x hora (COP)	% Rendimiento Sobre MOD
Propuesta	1760000	73333.3333	9166.66667	\$ 914.269	5.83%
Situación teórica	1760000	73333.3333	9166.66667	\$ 970.862	

Por razones de confidencialidad con la empresa Ciclotrón Colombia S.A.S, se decidió no mostrar los valores del salario base del Auxiliar que dosifica. Como se puede observar en la Figura 14, se tomó el salario del Auxiliar que dosifica para la Situación actual y se dividió en la cantidad de horas que trabaja la empresa en el mes (24 días) y más adelante en las 8 horas diarias (4 en la jornada de la madrugada y 4 en la jornada de la mañana). Al tener el valor teórico de Jeringas promedio por hora (MIBI + MDP) se puede calcular el valor de Costo Jeringa x hora (COP) de la situación teórica actual el cual tiene un valor de **\$970.86 COP** (Novecientos setenta con ochenta y seis centavos de peso). Al calcular el valor de la propuesta se puede llegar a un Costo Jeringa x hora (COP) de **\$914.26 COP** (Novecientos catorce con veintiséis centavos de peso). La diferencia en Costo de Jeringa se da debido a que hubo una disminución en el Tiempo de Ciclo del Proceso de Dosificación al incluir la máquina lo que se traduce en un menor tiempo para producir una jeringa. El Auxiliar al tener la ayuda de la máquina para dosificar las jeringas hace que su rendimiento sea mayor, ya que está produciendo más jeringas con el mismo Costo de MOD.

Una vez obtenidos ambos Costos de Jeringa x hora se pudo hacer un comparativo entre ambos valores para obtener un Porcentaje (%) de rendimiento sobre el Costo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

de MOD que en este caso es la mano de obra del Auxiliar de Dosificación. Al generar los cálculos del rendimiento de la propuesta de la máquina sobre la situación teórica actual se encontró que hay un % de rendimiento del **5.83%** lo que significa que con los mismos salarios y con la inclusión de la máquina dosificadora se estaría mejorando el rendimiento (en términos de Costo de MOD) del Auxiliar de dosificación en un 5.83%, ya que es capaz de producir más jeringas con la ayuda de la máquina dosificadora.

3.2 PROPUESTA DE MEJORA 2 (CAMBIOS EN LA DISTRIBUCIÓN DEL ESPACIO)

Descripción

La propuesta de generar cambios en la distribución del espacio consiste en reorganizar el espacio dentro del área de trabajo con el fin de aprovechar al máximo las distancias de desplazamiento y reducir tiempos que se malgastan en el movimiento de las personas. La idea, desde el punto de vista de los micro movimientos, quiere lograr que los dos operarios se desplacen lo menos posible y con el menor esfuerzo para poder dedicar ese esfuerzo a la producción de las jeringas y no a los movimientos motrices.

Justificación

En la figura 6 (Espaciamiento, toma superior) se logra evidenciar que los diferentes desplazamientos que deben hacer los operarios para llevar a cabo el proceso productivo, son algo extensos y están generando tiempos muertos. Además, algunos de estos desplazamientos son bastante repetitivos lo que puede no solo aumentar la cantidad de tiempos muertos, sino que aumentar su riesgo operativo.

Implementado esta propuesta en la empresa, se espera una mejorara en la continuidad del proceso, disminución de tiempos muertos y de costos, y un aumento en la productividad.

Procedimiento

Para el desarrollo de la propuesta se siguieron los siguientes pasos:

3.2.1) Ideación y medición de la nueva propuesta de espacios con todos los elementos existentes en el laboratorio.

3.2.2) Revisión de los tiempos muertos a causa de los desplazamientos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

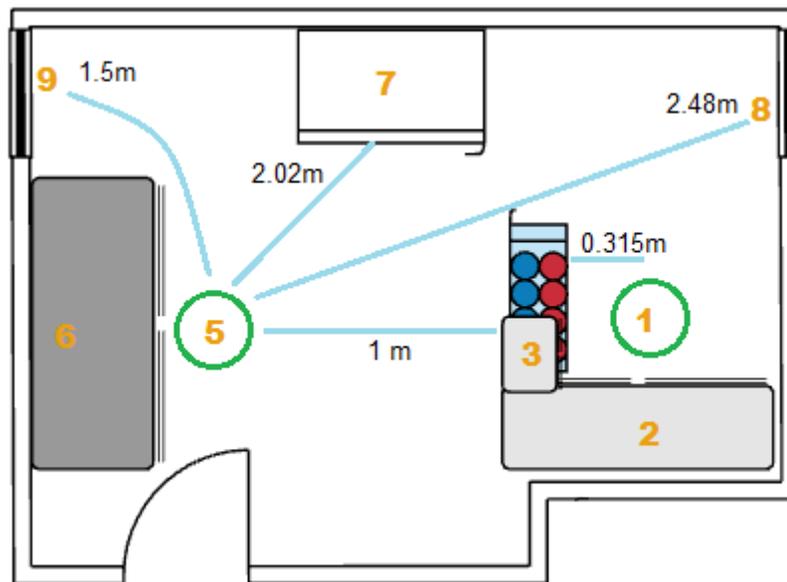
3.2.3) Creación del modelo a raíz de la correlación existente entre tiempo de desplazamiento y cantidad de metros caminados

3.2.4) Cálculo de los nuevos tiempos de ciclo teóricos con los nuevos tiempos de desplazamiento

3.2.5) Comparación con los indicadores actuales y enseñar la diferencia entre la situación real y la modelada

3.2.1 Ideación y medición de la nueva propuesta

Figura 15. Espaciamiento propuesta, toma superior



(Borrero Vivas & Montagut Torrado, 2019)

3.2.2 Revisión de los tiempos muertos a raíz de los desplazamientos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Observando las tablas de los tiempos y la revisión de los tiempos a raíz de los desplazamientos generados por el operario que se encarga en marcar en constancia y llevar las jeringas al passthrough, se encontró la siguiente información:

Figura 16. % TM Desplazamiento MIBI

MIBI				
Tiempo Muerto por primer desplazamiento	Tiempo Muerto por segundo desplazamiento	Tiempo Promedio Ciclo Marcación	% Tiempo Muerto en el Ciclo de Marcación	% Tiempo Muerto en Tiempo de Ciclo jeringa
2.95144231	3.10932692	38.2947894	15.83%	1.78%

Como se puede evidenciar en la Figura 16 se observa que el porcentaje de tiempo que el proceso de Marcación ocupa en desplazamiento es del 15.83%, mientras que en el proceso completo de Dosificación + Marcación en constancia los operarios pasan un 1.78% del tiempo desplazándose por el área de trabajo.

Figura 17. %TM Desplazamiento MDP

MDP				
Tiempo Muerto por primer desplazamiento	Tiempo Muerto por segundo desplazamiento	Tiempo Promedio Ciclo Marcación	% Tiempo Muerto en el Ciclo de Marcación	% Tiempo Muerto en Tiempo de Ciclo jeringa
2.95144231	3.10932692	38.2947894	15.83%	1.56%

Como se puede evidenciar en la Figura 17 se observa que el porcentaje de tiempo que el proceso de Marcación ocupa en desplazamiento es del 15.83%, mientras que en el proceso completo de Dosificación + Marcación en constancia los operarios pasan un 1.56% del tiempo desplazándose por el área de trabajo.

Asimismo, entonces se evidenció que existe un campo para la mejora y la optimización de los tiempos de desplazamiento en todo el proceso de Medicina Nuclear. Por lo que al generar una diferencia en las distancias recorridas por ambos operarios se podría llegar a una posible mejora del proceso genera de Medicina Nuclear.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Se encontró un documento publicado por la Universitat Politècnica de Catalunya en la cual se hizo un estudio sobre los tiempos de desplazamiento de las personas tanto en un terreno plano como en inclinados, de las cuales se basaron en la *Tabla de Velocidades Diferenciales según la edad y el sexo* del Transport and Road Research Laboratory (1978) del Reino Unido. Como se expresa a continuación:

Figura 18. Tabla de desplazamientos por Sexo y Edades

Edad y sexo	Velocidad (km/h)
Hombres menores de 55 años	5,94
Hombres mayores de 55 años	5,47
Mujeres menores de 55 años	4,93
Mujeres mayores de 55 años	4,72
Mujeres con niños pequeños	2,52
Niños de 5 a 10 años	4,07
Adolescentes	6,48

(Torner, 2007)

Al obtener la tabla presentada en la Figura 18 se pudo de esa manera deducir una velocidad estimada para el operario en un terreno plano como es el área de trabajo de Ciclotrón Colombia S.A.S.

Haciendo sus debidos cambios de unidad se puede proponer una velocidad promedio de desplazamiento de:

$$5.94 \text{ km/h} * 1000\text{m}/3600 \text{ s} = 1.65 \text{ m/s}$$

Dándonos de esa manera un resultado de que un hombre promedio menor de 55 años camina normalmente a una velocidad de 1.65 m/s. Por lo tanto, el operario se demora en recorrer 1 m:

$$1\text{m}/1.65 \text{ (m/s)} = 0.606 \text{ s se demora el operario en desplazarse 1 m con la nueva distribución del área de trabajo}$$

3.2.3 Cálculo de los Nuevos Tiempos de Ciclo con el Modelo

Modelando de esa manera la nueva distribución y desplazamiento del operario encargado de marcar, se llegó a las siguientes figuras:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 19. Nuevo desplazamiento MIBI

MIBI				
Tiempo Muerto por primer desplazamiento	Tiempo Muerto por segundo desplazamiento	Tiempo Promedio Ciclo Marcación	% Tiempo Muerto en el Ciclo de Marcación	% Tiempo Muerto en Tiempo de Ciclo jeringa
0.606	0.606	33.9753819	3.57%	0.361%

De donde es clave analizar que se tuvo una disminución del tiempo muerto por desplazamiento de un 80%, además, el *%Tiempo Muerto en el Ciclo de Marcación* pasó de ser 15.83% a 3.57% en la modelación de la propuesta. Calculando los datos, se puede evidenciar que se obtuvo una mejora del 11.26% comparando este tiempo de la Figura 16 y el de la figura 19. Asimismo, el *%Tiempo Muerto en Tiempo de Ciclo de Jeringa* pasó de ser 1.78% a 0.361%. Todas estas diferencias ocurrieron debido a que en la propuesta de modelación el Tiempo Promedio de Ciclo es de 33.97 segundos comparado con el Tiempo Promedio de Ciclo Real que es de 38.29 segundos, lo que representa una diferencia de casi 4 segundos por jeringa.

Ocurre un comportamiento similar en el desplazamiento de MDP:

Figura 20. Nuevo desplazamiento MDP

MDP				
Tiempo Muerto por primer desplazamiento	Tiempo Muerto por segundo desplazamiento	Tiempo Promedio Ciclo Marcación	% Tiempo Muerto en el Ciclo de Marcación	% Tiempo Muerto en Tiempo de Ciclo jeringa
0.606	0.606	33.9753819	3.57%	0.349%

En donde se puede analizar se tuvo una disminución del tiempo muerto por desplazamiento de un 80%, además, el *%Tiempo Muerto en el Ciclo de Marcación* pasó de ser un 15.83% a 3.57%, donde se obtuvo una mejora del 11.26% comparando los tiempos que se tienen en la figura 17 y la 20. En el *% Tiempo Muerto en el Tiempo de Ciclo de la jeringa* pasó de un 1.56% al 0.349%. Las diferencias se dieron por que en la modelación se obtuvo un Tiempo Promedio de

Ciclo de Marcación de 33.97 segundos comparado con los 38.29 segundos de la situación real. Para observar los cálculos observar el **Anexo 12**.

3.2.4 Comparación con los Indicadores Actuales

Figura 21. Nuevos Tiempos de Ciclo MIBI + MDP (Propuesta 2)

MIBI + MDP (propuesta) (tiempos en segundos)					
Elución del generador de Mo99/Tc-99	Marcación del radiofármaco	Tiempo Muerto por Reprocesos	Dosificación	Marcación en constancia	Tiempo Promedio de Ciclo
173.5833333	116.321667	17.13	35.9542046	33.97	376.9592046

Una vez promediados ambas referencias de MIBI y de MDP, se pudo obtener cual sería el Tiempo Promedio de Ciclo para ambas referencias y de esa manera ser comparados con los datos teóricos tomados en las visitas a la empresa.

De esta manera y teniendo ambos datos frente a frente se pudo evidenciar los cambios que se presentarían con la nueva propuesta de reacomodación del lugar. En la Figura 23 se observa el comparativo de la propuesta frente a los resultados teóricos obtenidos en la investigación

3.1.2.4.1) Productividad

Figura 22. Tiempos de Ciclo Teóricos MIBI + MDP (Propuesta 2)

MIBI + MDP (teórico sin propuesta) (tiempos en segundos)					
Elución del generador de Mo99/Tc-99	Marcación del radiofármaco	Tiempo Muerto por Reprocesos	Dosificación	Marcación en constancia	Tiempo Promedio de Ciclo
173.5833333	116.321667	17.13	35.9542046	38.29	381.2792046

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 23. Comparativo Productividad Propuesta vs. Teórico (Propuesta 2)

		Jeringas Promedio / Hora	Jeringas Promedio / día	Jeringas Promedio / Mes	Productividad
Tiempo Promedio de Ciclo (Propuesta) (segundos)	376.959205	9.55010504	76.4008403	1834	1.16%
Tiempo Promedio de Ciclo (Teórico) (segundos)	381.279205	9.44189968	75.5351974	1813	

De donde es importante observar la comparación de la propuesta y de la situación teórica inicial, en donde en la propuesta se demora 376.95 segundos en completar el Ciclo de una Jeringa en la situación teórica se completa el Ciclo cada 381.27 segundos lo que lleva a que a la hora de observar el número de Jeringas a producir en un mes se evidencia una diferencia entre ambas situaciones.

Teniendo en cuenta que la Empresa trabaja 24 días al mes y trabaja un turno de 4 horas en la madrugada y otro turno de 4 horas en la mañana, se puede encontrar un número promedio de jeringas producidas mensualmente y de esa forma poder tener un indicador de productividad.

Desarrollando los cálculos se pudo llegar al dato de que en promedio con los cambios realizados en la distribución del área de trabajo y reduciendo los desplazamientos del operario encargado de marcar las jeringas, en promedio las jeringas mensuales de MIBI + MDP serían de 1834 unidades comparadas con las 1813 unidades que se darían sin la propuesta. Lo que representa un Incremento de productividad del **1.16%** sólo con las mejoras de los espacios e intentando reducir el tiempo perdido por desplazamiento y por micro movimientos.

3.1.2.4.2) Costo de Mano de Obra

En el caso de la Mano de Obra se utilizaron datos reales de los trabajadores del área de Medicina Nuclear para poder obtener un porcentaje de rendimiento frente a lo que concierne al Costo de Mano de Obra. Por lo tanto, se tomó el salario base del Auxiliar, el cual se encarga de la marcación en constancia, y se dividió por horas

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

trabajadas diarias y mensuales para poder calcular el porcentaje de rendimiento sobre el Costo de la Mano de Obra.

Debido a esta razón, se tomó la decisión de partir del salario base del auxiliar, se dividió en los días hábiles que trabaja al mes y se prosiguió a dividirlo en las horas que el Auxiliar trabaja en un día. Una vez obtenido el valor del operario Auxiliar por hora y teniendo el valor de cuantas Jeringas de (MIBI + MDP) salen por hora, se puede saber cuánto es el Costo de Mano de Obra del Auxiliar por Jeringa de (MIBI + MDP).

Una vez obtenido este valor para la propuesta, se hizo el mismo ejercicio para el dato teórico obtenido en los datos de este trabajo.

Los resultados de esta comparación se encuentran en la figura a continuación:

Figura 24. Comparativo % Rendimiento Sobre MOD (Propuesta 2)

		Costo día	Costo hora	Costo Jeringa x hora (COP)	% Rendimiento Sobre MOD
Propuesta				\$ 959.850	1.13%
Situación teórica				\$ 970.850	

Por motivos de confidencialidad de la empresa Ciclotrón Colombia S.A.S es pertinente evitar mostrar el valor del salario base del Auxiliar del área. Como se puede observar en la Figura 24 con el mismo salario base y teniendo la cantidad de Jeringas teóricas a producir por hora se puede llegar al Costo de MOD por el auxiliar que genera producir una jeringa de MIBI + MDP. Para la propuesta el Costo Jeringa x hora (Auxiliar) sería de **\$959,85 COP** (Novecientos cincuenta y nueve pesos con ochenta y cinco centavos de peso), mientras que en la situación teórica sería un costo de **\$970,85** (Novecientos setenta pesos con ochenta y cinco centavos de peso). La diferencia en Costo de Mano de Obra se da debido a que, en la propuesta de reordenar el área de trabajo, le toma menos tiempo al Auxiliar completar su ciclo de marcación lo que significa que es capaz de marcar más jeringas, ya que se demora menos en marcarlas. Al tener un Tiempo de Ciclo menor, puede sacar más jeringas en un menor tiempo y por lo tanto el Costo de Mano de Obra por Jeringa se ve reducido.

Teniendo los datos de la propuesta y de la situación actual teórica se pudo identificar cual sería el Porcentaje (%) de rendimiento de la propuesta sobre el costo de Mano

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

de Obra Directa por parte del Auxiliar. Al hacer los cálculos se encontró que el rendimiento de la propuesta sobre la situación actual es del **1.13%** lo que significa que con el mismo salario y cambiando la acomodación se estaría mejorando el rendimiento (en términos de Costo de MOD) del Auxiliar de marcación del área en un 1.13% debido a que es capaz de sacar un mayor número de jeringas con un menor tiempo de Ciclo para el proceso de marcación.

3.3 TOMA DE DECISIONES

Para el desarrollo y finalización del presente trabajo se recurrió a dos métodos de toma de decisiones para obtener la respuesta de la alternativa más apropiada para las preferencias de la empresa Ciclotrón Colombia S.A.S, se revisó mediante el proceso de AHP (Analytic Hierarchy Process) y mediante el método de valor esperado.

Para dicho proceso cabe recalcar que se tienen dos alternativas, la alternativa de adquirir una máquina dosificadora y la alternativa de reorganizar el área de trabajo para una disminución de tiempos. Adicionalmente, ambas alternativas tienen como variables el *% de Incremento en Productividad* y *% de Rendimiento sobre el Costo de Mano de Obra Directa*.

Se sostuvo una reunión con la persona a tomar la decisión, Laura González Puín (Jefe de producción), el día 7 de mayo del año 2019 con el fin de obtener las preferencias con respecto a las dos variables medidas anteriormente, sus pesos fueron:

% de Incremento en Productividad: 20%

% de Rendimiento sobre el Costo de Mano de Obra Directa: 80%

(González Puín, 2019)

Una vez obtenidos ambos pesos se procedió a desarrollar la metodología más acorde a la situación.

3.3.1 POR MÉTODO AHP

Para tener una alternativa que más se acomode a las preferencias del tomador de decisiones en la empresa Ciclotrón Colombia S.A.S se decidió utilizar el método de AHP (Analytic Hierarchy Process) debido a que es un proceso que compara uno a uno las variables medidas anteriormente con los respectivos pesos o preferencias

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

de la persona que va a tomar la decisión, para de esa manera encontrar la alternativa más adecuada a las preferencias de la empresa.

Se desarrolló el método teórico para la metodología del AHP:

- **Matriz de índices de concordancia:** se compararon ambas alternativas con sus respectivas variables a medir 1 a 1 arrojándonos de esa manera la matriz de índices de concordancia con su respectivo Umbral C.
- **Matriz de decisión normalizada y Matriz de decisión normalizada ponderada:** se tomaron las mismas 2 alternativas y sus 2 respectivas variables y se dividieron por el rango para obtener la matriz normalizada. Asimismo, se hizo otra matriz ponderando por los pesos anteriormente descritos y otorgados en la entrevista realizada a la Jefe de producción de la empresa Laura González Puín.
- **Matriz de comparación de matriz decisional normalizada y ponderada:** Se desarrolló con los valores obtenidos anteriormente.
- **Matriz de índices de discordancia:** Se elaboró la matriz con los valores máximos y diferencia de la Matriz anteriormente mencionada y se procedió a la elaboración del Umbral D.
- **Matriz de dominancia concordante:** Se comparó la matriz de concordancia con el valor obtenido en el Umbral C.
- **Matriz de dominancia discordante:** se comparó la matriz de discordancia con el valor obtenido en el Umbral D.
- **Matriz de dominancia agregada:** Se hizo la comparación de las matrices de dominancia concordante y discordante con el fin de poder obtener una alternativa que sea homóloga tanto en la matriz concordante como en la discordante.

Al realizar dicho procedimiento se llegó a un hallazgo y es que, al tener una situación con 2 posibles alternativas y 2 variables tan cercanas en valores numéricos, se observó que las alternativas eran indiferentes para los pesos dados por la persona encargada de tomar la decisión. El hecho de que los valores fueran tan cercanos, las alternativas sólo fueran 2 y que sólo fueran 2 variables llevó a que el modelo de AHP no tuviera fundamentos necesarios para decidir entre una alternativa o la otra.

Debido a esta situación, se decidió proceder a un método de toma de decisiones menos complejo para que pudiera arrojar la alternativa que más se acomodara a los gustos del tomador de decisiones.

3.3.2 MÉTODO DEL VALOR ESPERADO

Se partió de la premisa que

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

“El peso de un resultado es la probabilidad del estado de la naturaleza asociado y, por ende, la probabilidad de que el estado ocurra” (Sweeney Williams, 2011)

Por lo tanto, se parte de los pesos dados por Laura González en donde en la naturaleza asociada ella misma desarrolla las probabilidades de subjetivas del proceso se llega al siguiente desarrollo:

Se partió de la siguiente figura en donde se puede observar los valores de ambas alternativas con el peso respectivo dado por la persona a tomar la decisión

Figura 25. Matriz Alternativas vs. Variables

	V1	V2	
	0.2	0.8	Peso
	%Incremento Productividad	% Rendimiento sobre Costo de MOD	
Propuesta 1 (Máquina dosificadora)	0.0681	0.0583	
Propuesta 2 (Redistribución del área)	0.0116	0.0113	
<i>Máximo</i>	<i>0.0681</i>	<i>0.0583</i>	
<i>Mínimo</i>	<i>0.0116</i>	<i>0.0113</i>	
<i>Rango</i>	<i>0.0565</i>	<i>0.0470</i>	

De donde se obtuvieron los siguientes cálculos

$$VE(P1): 0.2 * (0.0681) + 0.8 * (0.0583) = 0.0602$$

$$VE(P2): 0.2 * (0.0116) + 0.8 * (0.0113) = 0.0113$$

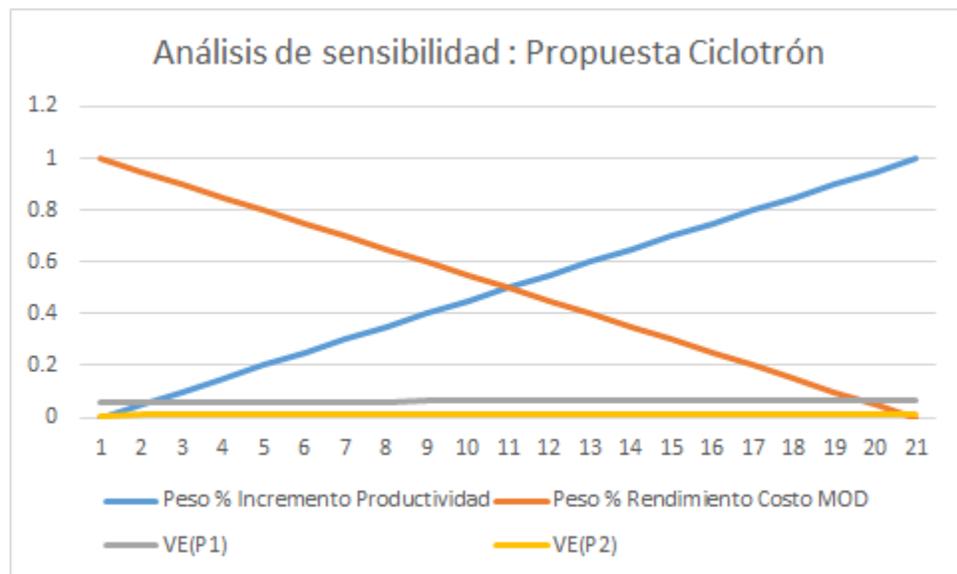
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Como se puede observar en los cálculos anteriores y de acuerdo a los pesos suministrados por la persona a tomar la decisión, se recomienda tomar la alternativa 1 (Propuesta 1) ya que satisface de una mejor manera las preferencias de la persona a tomar la decisión.

3.3.2.1 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para obtener una respuesta más robusta frente a los pesos otorgados por la persona encargada de tomar las decisiones, se decidió hacer un análisis de sensibilidad frente a los pesos otorgados. Se hizo el análisis variando el el incremento de a 5%. Frente a dicho análisis se llegó a la siguiente figura:

Figura 26. Análisis de sensibilidad



Como se puede observar en la figura anterior el Valor Esperado de la primera propuesta (Máquina dispensadora) tiene una clara superioridad frente a la segunda propuesta (Reorganización del área), lo que significa que, para este modelo, la primera propuesta es robusta y bajo cualquier peso siempre será la propuesta que más cumple con los requisitos del tomador de decisiones.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

PRODUCTO ESPERADO	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO	OBSERVACIONES (indique si se logró o no su cumplimiento y por qué)	ENTREGABLE
Tablas de tiempos y procesos productivos dentro de la empresa Ciclotrón S.A.S	Tablas de tiempos y de procesos que incluyen los tiempos medidos por subproceso y personal que interviene en cada parte.	Se lograron	Desde el Anexo 3 al 9
Modelo del estado actual de la empresa Ciclotrón S.A.S	Modelo actual en el cual se desarrollen diagramas de flujo observando tiempos de demora de cada operación para concluir el problema en las demoras	Se logró con el VSM	
Propuestas de Modelos alternativos a la solución del problema en Ciclotrón S.A.S.	Alternativas de modelos que arrojen diferentes criterios de decisión los cuales serán utilizados en la validación.	Se logró con las 2 propuestas planteadas en el trabajo.	
Sugerencia de Alternativa conveniente a resolver el problema dentro de Ciclotrón S.A.S	Modelo de toma de decisiones que incluyen las preferencias y pesos sobre los criterios de decisión para sugerir la	Se logró bajo el método de Valor Esperado	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	alternativa adecuada.	más		
--	--------------------------	-----	--	--

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

4.1.1. En la recopilación de la información es importante tener muestras de diferentes días con el fin de que no se vaya ver reflejado (en gran magnitud) en los datos y los tiempos, el estado de ánimo del operario. Además, en procesos donde se tienen tantas actividades, es importante la presencia de dos personas para que tomen el tiempo y así poder tomar registro de los datos de manera eficaz.

4.1.2. El orden y la forma como se tabulan los datos tomados también juega un papel importante en el manejo de los datos, pues esto ayuda que los cálculos se hagan de forma más sencilla.

4.1.3. Para la modelación del estado actual es importante poner las actividades más repetitivas (las que hacen realmente parte del ciclo), tener claro cuales actividades hacen parte de reproceso y demás.

4.1.4. Tener en un modelo los tiempos separados por actividades y de manera organizada hace que el análisis de la situación se haga menos compleja, como se evidencia esta tesis el método de VSM es una buena forma de hacerlo ya que aquí se separan también por tiempos muertos y tiempos en actividad.

4.1.5. Se puede evidenciar como la implementación de tecnología podría llegar a ser más eficiente que la mano de obra humana en un proceso productivo.

4.1.6. Se evidencia la magnitud de las propuestas en el proceso productivo a partir de cálculos numéricos, mostrando como una puede ser mejor una alternativa que otra evaluando su impacto sobre los criterios definidos.

4.1.7. Se concluye que la mejor opción sugerida para la empresa es la de incluir una máquina, que no solamente se esperarían que aumente el porcentaje de rendimientos sobre el costo de mano de obra, sino que también aumente la seguridad y salud en el trabajo.

4.1.8. A partir de los resultados obtenidos en el análisis de sensibilidad se concluye que sin importar cuales hubieran sido las preferencias del decisor en los criterios, la máquina sería la opción sugerida ya que esta propuesta supera en ambos criterios evaluados a la propuesta de mejora de redistribución del lugar.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

4.2 RECOMENDACIONES

4.2.1. Se recomienda al decisor analizar la viabilidad de implementación de ambas propuestas presentadas en esta tesis, pues es posible que ambas propuestas unidas tengan un mejor resultado que una de ellas por separado.

4.2.2. Se recomienda a la persona encargada del proceso productivo en Ciclotrón Colombia S.A.S de hablar con una persona profesional en química para ver la posibilidad de disminuir el tiempo de espera una vez se mezcla el radioactivo con el fármaco esté hecha, todo esto desde el punto de vista químico.

4.2.3. Se recomienda a la empresa Ciclotrón Colombia S.A.S que evalúe en conjunto con la empresa que se encarga de los despachos de los radiofármacos, la logística en las entregas y de la salida de la planta con el fin de poder tener mejores tiempos para poder garantizar un mejor servicio a sus clientes.

REFERENCIAS

- Patiño, C. (Salazar y H). (2011). PASOS PARA REALIZAR LA MEDICIÓN & TIEMPO ESTÁNDAR. Medellín, 2011
- Taoufikallah, A. (2016). CAPÍTULO 4: El método AHP 4.1 Introducción. Sevilla. Retrieved from <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70496/fichero/Capitulo+4+El+método+AHP.pdf>
- González, L. (2018, February 13). Visita Ciclotrón S.A.S [Estudio logístico]
- Guzmán, L. F., & González, L. (2018, February 13). Visita Ciclotrón S.A.S [Personal interview].
- Andi, A. (2005). NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1692. Retrieved from <http://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Reglamento/Anexos/NTC1692.pdf>
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 3970. (1996). Retrieved from <http://web.mintransporte.gov.co/consultas/mercapeli/Reglamento/Anexos/NTC3970.pdf>
- OIT. (2008). Introducción al estudio del trabajo (4ta edición). Ginebra: George Kanawaty. Retrieved from <https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>
- García, R. (1998). Estudio del trabajo. Retrieved from https://faabenavides.files.wordpress.com/2011/03/estudio-del-trabajo_ingenierc3ada-de-mc3a9todos-roberto-garcc3ada-criollo-mcgrow_hill.pdf
- Mogensen, P. A. H. (1989). Simplificación del Trabajo: Una Herramienta Gerencial Vital, 1–5.
- Sweeney Williams, A. (2011). Métodos cuantitativos para los negocios. Retrieved from <http://latinoamerica.cengage.com>
- Galdos, G. (2019). Toma de decisiones. Toma de Decisiones, Archivo de Excel. Retrieved from <https://doi.org/10.19083/978-612-318-030-0>
- Torner, M. (2007). Comparación de tiempos de trayectos Metro- A pie- Bici en la zona urbana de Barcelona. Barcelona. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3316/55865-6.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Tema Sinergie. (2019). SYR PHARMA - Tema Sinergie. Retrieved April 17, 2019, from <https://www.temasinergie.com/product/syr-pharma/>
- González, L. (2019, Mayo 18). Entrev Ciclotrón S.A.S [Estudio logístico]
- Value Stream Mapping Software | Lucidchart. (2018). Retrieved February 23, 2019, from <https://www.lucidchart.com/pages/examples/value-stream-mapping>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Taylor Delgado, T., & Guerrero Mudarra, A. (2012). Logística de la producción y comercialización de radiofármacos. *Nucleus*, (52), 31–34. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-084X2012000200007

Borrero Vivas, D., & Montagut Torrado, J. camilo. (2019). Distribución de espacios propuesta. Medellín.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	NUMERO DE ENVIOS QUE SE LLEGO TARDE AL CLIENTE	RESPONSABILIDAD DE PRODUCCION	RESPONSABILIDAD DE EMPAQUE	TRANSPORTE
ALMACENTRO	1	0	0	1
AMERICAS	2	1	0	1
DR RIOS	2	1	0	1
EMMSA	1	1	0	0
LONDOÑO	1	0	1	0
MEDELLIN	3	2	0	1
POBLADO	4	3	0	1
	14	8	1	5
		57%	7%	36%

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Anexo 2. PLANTILLA PARA TOMA DE TIEMPOS

Toma de tiempos															
Empresa	CICLOTRÓN COLOMBIA S.A.S														
Fecha															
Hora	3:30 am														
Dosificador	John Freddy Vázquez														
Asistente	Carlos Mario Camrora														
Unidad	SEGUNDOS														
*FANMACO															
ACTIVIDADES															
Muestra #	Etución del generador de Mes90/Te-99	Maración del radiofámaco	Tiempo Muerto	Dosificación	Tiempo Promedio Cido	Sumade Tiempos adicionales por corrección	Tiempo promedio corrección adicional	# correccione sheetas	Maración en Constancia	Tiempo Muerto	Pegar en Pigs	#Pigs	Tiempo Muerto	Transporte a Pass-through	Tiempo Calidad
1															
2															
3															
4															
5															
6															

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Anexo 3. FORMATO TABLA DE MICROMOVIMIENTOS DOSIFICADOR

<i>Tomada de tiempos</i>											
Empresa	CICLOTRÓN COLOMBIA S.A.S										
Fecha	25/10/2018										
Hora	03:30 a. m.										
Dosificador	John Freddy Vázquez										
Asistente	Carlos Mario Carmona										
Unidad	SEGUNDOS										
TODAS LAS REFERENCIAS											
ACTIVIDADES MARCADOR											
Muestra #	Leer	Meter PC	Dosificar	Revisar	Corregir	Volver a revisar	Meter en Pig	Tiempo Total (1 corrección)	Tiempo Corrección Adicional	Tiempo Bueno a la primera revisión	Volumen (ml)
1											
2											
3											
4											

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Anexo 4. TABLA DE TIEMPOS DE LOS MICROMOVIMIENTOS (OCTUBRE 25)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Toma de tiempos													
Empresa	CICLOTRÓN COLOMBIA S.A.S												
Fecha	25/10/2018												
Hora	03:30 a. m.												
Dosificador	John Freddy Vázquez												
Asistente	Carlos Mario Carmona												
Unidad	SEGUNDOS												
TODAS LAS REFERENCIAS													
ACTIVIDADES MARCADOR													
Muestra #	Leer	Meter PC	Dosificar	Revisar	Corregir	Volver a revisar	Meter en Pig	Tiempo Total(1 corrección)	Tiempo Corrección Adicional	Tiempo Bueno a la primera revisión	Volumen (mL)		
1		1.75	4.1	5.51	5.03	4.56	8.26		29.95		0.4	MDP	
2						5.63	0.69	0.74		6.32			
3													
4		4.1		7.91	4.83	7.86	3.73		29.26				
5						1.71	2.2	0.83		3.91		0.5	MDP
6													
7		1.86	1.48	18.11	3.95			1.69			27.09	0.7	MDP
8													
9		1.92	1.23	23.91	3.61			6.03			36.7	0.9	MDP
10													
11		1.38	2.33	12.74	5.56			9.4			31.41	0.5	MIBI
12													
13		1.65	4.8	12.77	5.45	21.03	5.28		57.66				
14						13.16	4.21	6.68		17.37		0.2	NANO
15													
16		2.86	1.76	16.51	3.26	13.44	4.98	3.74	46.55			0.22	NANO
17		3.3	3.19	5.41	3.81	13.66	3.58	2.57	35.52			0.4	MDP
18		2.33	1.68	5.96	3.84			4.29			18.1	0.3	MDP
19		2.3	1.65	9.1	3.43	5.52	3.66	2.73	28.39			0.4	MDP
20		1.51	7.37	7.91	5.43	19.56	3.98		51.1				
21						15.38	4.06			19.44			
22						10.13	4.66			14.79			
23						12.22	4.43	5.34		16.65		0.2	NANO
24													
25		2.15	2.61	16.02	4.04	15.63	3.63		49.21				
26						12.15	3.77	5.13		15.92		0.6	DTPA
27													
28		1.55	1.77	5.2	3.06			4.48			16.06	0.3	MDP
29		2	10.12	5.14	5.56			1.64			24.46	0.3	MDP
30		1.52	1.03	5.77	2.95	6.27	2.79	2.27			22.6	0.4	MDP
31		1.55	2.2	7.44	4.39	19.36	3.93		42.98				
32						16.99	3.03	4.11		20.02		0.23	NANO
33		2.58	2.16	13.02	7.98			7.75			33.49	0.5	NANO
34		5.51	2.46	10.91	3.58			11.71			34.17	0.28	NANO
35		2.35	2.27	15.3	4.73			3.75			28.4	0.6	NANO
36		1.66	2.77	4.86	4.4			2.16			15.85	0.3	MIBI
37		2.16	1.43	4.25	3.17			5.27			16.28	0.3	MIBI
38		2.02	2.91	5.2	3.59			2.03			15.75	0.5	MIBI
39		2.16	1.72	7.67	4.39			2.73			18.67	0.4	MDP

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Anexo 5. TABLA TIEMPOS MIBI (SEPTIEMBRE 20)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Toma de Tiempos															
Empresa	CCLOTRON COLOMBIA S.A.S														
Fecha	20/09/2018														
Hora	3:30 am														
Dosificador	John Freddy Vázquez														
Asistente	Carlos Mario Carmona														
Unidad	SEGUNDOS														
ACTIVIDADES															
MIBI															
Muestra #	Elución del generador de Mo99/Tc-99	Marcarción del radiofármaco	Tiempo Muerto	Dosificación	Tiempo Promedio Ciclo	Suma de Tiempos adicionales por corrección	Tiempo promedio corrección adicional	# corrección shechas	Marcarción en Constancia	Tiempo Muerto	Pegar en Pigs	# Pigs	Tiempo Muerto	Transporte a Pass-through	Tiempo Calidad
1	188	85	923,4	26	28.5964103	0	13.5333333	0							1800
2				63	28.5964103	34.4035897	13.5333333	3							
3				34.92	28.5964103	6.32358974	13.5333333	1							
4				22.88	28.5964103	0	13.5333333	0							
5				24.5	28.5964103	0	13.5333333	0	88	6.5	8.24	5	9.92		
6				16.72	28.5964103	0	13.5333333	0	24	5.21	9	1	2.3		
7				15.9	28.5964103	0	13.5333333	0	16.99	3.33	11.2	1	2.7		
8				24.34	28.5964103	0	13.5333333	0							
9				25.75	28.5964103	0	13.5333333	0							
10				27.13	28.5964103	0	13.5333333	0	52.99	6.11	15.23	3	4		

Anexo 6. TABLA TIEMPOS MDP (SEPTIEMBRE 20)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

<u>Toma de tiempos</u>															
Empresa	CICLOTRÓN COLOMBIA S.A.S														
Fecha	20/09/2018														
Hora	3:30 am														
Dosificador	John Freddy Vázquez														
Asistente	Carlos Mario Carmona														
Unidad	SEGUNDOS														
MDP															
ACTIVIDADES															
Muestra #	Elución del generador de Mo99/Tc-99	Marcación del radiofarmaco	Tiempo Muerto	Dosificación	Tiempo Promedio Cido	Suma de Tiempos adicionales por corrección	Tiempo promedio corrección adicional	# correcciones hechas	Marcación en Constancia	Tiempo Muerto	Pegar en Pigs	# Pigs	Tiempo Muerto	Transporte a Pass-through	Tiempo Calidad
1	180	178	900	28.4	28.5964103	0	13.5333333	0	71.56	2.4	19.26	1	4.06		600
2				27.23	28.5964103	0	13.5333333	0	83.1	1	15.76	1	3.88	10	
3				25.52	28.5964103	0	13.5333333	0	50.43	0.7	14.22	1	2.81		
4				29.68	28.5964103	1.08358974	13.5333333	1	32.23	4.3	11.11	1	1.78		
5				23	28.5964103	0	13.5333333	0	42.11	5.3	10.09	1	1.83		
6				24.4	28.5964103	0	13.5333333	0	22.61	3.42	13.89	1	4.59		
7				24.68	28.5964103	0	13.5333333	0	35	3.33	11.44	1	5.18		

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Anexo 7. TABLA TIEMPOS MIBI (SEPTIEMBRE 25)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Toma de tiempos															
Empresa	CICLOTRÓN COLOMBIA S.A.S														
Fecha	25/09/2018														
Hora	3:30 a.m														
Dosificador	John Freddy Vázquez														
Asistente	Carlos Mario Carmona														
Unidad	SEGUNDOS														
MIBI															
ACTIVIDADES															
Muestra #	Elución del generador de Mo99/Tc-99	Marcación del radiofarmaco	Tiempo Muerto	Dosificación	Tiempo Promedio Cíclo	Suma de Tiempos adicionales por corrección	Tiempo promedio corrección adicional	# correcciones hechas	Marcación en Constancia	Tiempo Muerto	Pegar en Pigs	# Pigs	Tiempo Muerto	Transporte a Pass-through	Tiempo Calidad
1	162	100.53	902	30.61	28.5964103	2.01358974	13.5333333	1	10.06	5.4	13.6	1	3		1920
2		95.4	902	26.57	28.5964103	0	13.5333333	0	20.23	6.21	6.96	1	4.45		1920
3				35.22	28.5964103	6.62358974	13.5333333	1	18	3.33	9.74	1	5.83		
4				21.7	28.5964103	0	13.5333333	0	18.09	3.21	5.83	1	8.2		
5				17.74	28.5964103	0	13.5333333	0	12.74	4.29	3.86	1	5.4		
6				13.66	28.5964103	0	13.5333333	0							
7				16.96	28.5964103	0	13.5333333	0	26.04	7.19	5.83	2	10.1		
8				17.27	28.5964103	0	13.5333333	0	25.02	6.66	6.51	1	7.7		
9				13.45	28.5964103	0	13.5333333	0							
10				14.67	28.5964103	0	13.5333333	0							
11				13.47	28.5964103	0	13.5333333	0	46.14	10.34	7.97	3	11.1		
12				17.11	28.5964103	0	13.5333333	0							
13				18.51	28.5964103	0	13.5333333	0							
14				13.73	28.5964103	0	13.5333333	0	62	10.85	19.91	3	9.78		
15				15.06	28.5964103	0	13.5333333	0	24.2	4.44	5.99	1	6.66		
16				14.47	28.5964103	0	13.5333333	0							
17				13.91	28.5964103	0	13.5333333	0							
18				12.48	28.5964103	0	13.5333333	0							
19				26.36	28.5964103	0	13.5333333	0	65	5.83	19.62	4	9.67		
20				18.4	28.5964103	0	13.5333333	0							
21				16.3	28.5964103	0	13.5333333	0							
22				41.19	28.5964103	12.5935897	13.5333333	1							
23				28.05	28.5964103	0	13.5333333	0							
24				24.65	28.5964103	0	13.5333333	0							
25				16.74	28.5964103	0	13.5333333	0	88	5.41	27.21	6	10.07		
26				22.13	28.5964103	0	13.5333333	0							
27				32.59	28.5964103	3.99358974	13.5333333	1							
28				24.7	28.5964103	0	13.5333333	0							
29				28.01	28.5964103	0	13.5333333	0							
30				25.57	28.5964103	0	13.5333333	0	75	5.49	21.5	5	12.31		
31				17.95	28.5964103	0	13.5333333	0	15.85	6.69	8.95	1	6.24		
32				37.32	28.5964103	8.72358974	13.5333333	1							
33				22.76	28.5964103	0	13.5333333	0	29.72	20.6	15.18	2	5.44		
34				18.92	28.5964103	0	13.5333333	0	22.54	11.9	6.66	1	3.26		
35				26.1	28.5964103	0	13.5333333	0	15.09	12.68	7.12	1	5.29		

Anexo 8. TABLA TIEMPOS MDP (SEPTIEMBRE 25)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

15			40.6	28-596403	12.003897	13.5333333	1	14.4	2.08	5.42	1	3.4
16			32.8	28-596403	4.2058974	13.5333333	1	17.52	1.36	6.77	1	4.23
17			34.6	28-596403	6.0038974	13.5333333	1	31.18	2.2	7.45	1	5.4
18			37.7	28-596403	9.1058974	13.5333333	1					
19			42.7	28-596403	14.103897	13.5333333	2	7.6	5.32	12.53	2	4.23
20			45.5	28-596403	16.903897	13.5333333	2	32.47	2.42	15.7	1	1.32
21			40.03	28-596403	11.433897	13.5333333	1	16.2	18.07	5.79	1	2.28
22			22.78	28-596403	0	13.5333333	0					
23			50.01	28-596403	21.413897	13.5333333	2	33.84	4.62	9.51	2	5.21
24			23.53	28-596403	0	13.5333333	0	15.57	5.66	6.8	1	6.76
25			38.3	28-596403	9.7058974	13.5333333	1	8.78	1.74	8.19	1	4.21
26			41.35	28-596403	12.753897	13.5333333	1	20.38	3.66	4.37	1	5.56
27			32.3	28-596403	3.7058974	13.5333333	1	28.48	2.12	9.34	1	6.6

Anexo 9. TABLA DE TIEMPOS MDP (OCTUBRE 3)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tomar de tiempos															
Empresa	CICLOTRÓN COLOMBIA S.A.S														
Fecha	20/10/2018														
Hora	10:00 a.m														
Dosificador	Carlos Mario Carmona														
Asistente	John Freddy Vázquez														
Unidad	SEGUNDOS														
MIP															
ACTIVIDADES															
Muestra #	Elución de generador de Mo99/Tc-99	Marcarción del radiofármaco	Tiempo Muerto	Dosificación	Tiempo Promedio Ciclo	Suma de Tiempos adicionales por corrección	Tiempo promedio corrección adicional	# correcciones hechas	Marcarción en Constancia	Tiempo Muerto	Pegar en Pigs	# Pigs	Tiempo Muerto	Transporte a Pass-through	Tiempo Calidad
1	182	160	864	16.06	28.5964103	0	13.5333333	0	27.27	3.69	10.86	2	5.66		
2		151	864	35.5	28.5964103	6.90358974	13.5333333	1	27.27	3.69	10.86	2	5.66		
3				65.52	28.5964103	36.9235897	13.5333333	3							
4				44.48	28.5964103	15.8835897	13.5333333	2							
5				48.63	28.5964103	20.0335897	13.5333333	2	47.91	10.17	19.73	3	6.78	9	
6				57.8	28.5964103	29.2035897	13.5333333	3							
7				43.78	28.5964103	15.1835897	13.5333333	2							
8				68.2	28.5964103	39.6035897	13.5333333	3							
9				17.55	28.5964103	0	13.5333333	0							
10				41.65	28.5964103	13.0535897	13.5333333	1							
11				29.27	28.5964103	0.67358974	13.5333333	1	214.65	4.1	61.74	6	5		
12				28.1	28.5964103	0	13.5333333	0							
13				21.81	28.5964103	0	13.5333333	0							
14				28.9	28.5964103	0.30358974	13.5333333	1	66.96	5.4	26.2	3	29.29	17.23	
15				27.95	28.5964103	0	13.5333333	0							
16				29.55	28.5964103	0.95358974	13.5333333	1							
17				73.02	28.5964103	44.4235897	13.5333333	4							
18				86.69	28.5964103	58.0935897	13.5333333	5	194.4	2.27	51.27	4	10.4	14.59	
19				150.83	28.5964103	122.23359	13.5333333	10							
20				59.56	28.5964103	30.9635897	13.5333333	3							
21				56.15	28.5964103	27.5535897	13.5333333	3							
22				36.94	28.5964103	8.34358974	13.5333333	1							
23				43.27	28.5964103	14.6735897	13.5333333	2							
24				49.73	28.5964103	21.1335897	13.5333333	2							
25				52.2	28.5964103	23.6035897	13.5333333	2	400.03	4.47	52.8	7	5.43	10.61	

Anexo 10. TIEMPOS BASE DOSIFICACIÓN

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Mejor Tiempo	36.7						
Dosificación (Tiempo Observado)	Tiempo Promedio Ciclo	Suma de Tiempos adicionales por corrección	Tiempo promedio corrección adicional	# correcciones hechas	Calificación	Tiempo Básico	Tiempo promedio de ciclo de dosificación
26	28.5964103	0	13.5333333	0	105	27.3	
63	28.5964103	34.4035897	13.5333333	3	86.5	54.495	
34.92	28.5964103	6.32358974	13.5333333	1	101	35.2692	
22.58	28.5964103	0	13.5333333	0	107	24.1606	
24.5	28.5964103	0	13.5333333	0	106	25.97	
16.72	28.5964103	0	13.5333333	0	110	18.392	
15.9	28.5964103	0	13.5333333	0	110.5	17.5695	
24.34	28.5964103	0	13.5333333	0	106	25.8004	
25.75	28.5964103	0	13.5333333	0	105.5	27.16625	
27.13	28.5964103	0	13.5333333	0	104.5	28.35085	
30.61	28.5964103	2.01358974	13.5333333	1	103	31.5283	
26.57	28.5964103	0	13.5333333	0	105	27.8985	
35.22	28.5964103	6.62358974	13.5333333	1	100.5	35.3961	
21.7	28.5964103	0	13.5333333	0	107.5	23.3275	
17.74	28.5964103	0	13.5333333	0	109.5	19.4253	
13.66	28.5964103	0	13.5333333	0	111.5	15.2309	
16.96	28.5964103	0	13.5333333	0	110	18.656	
17.27	28.5964103	0	13.5333333	0	109.5	18.91065	
13.45	28.5964103	0	13.5333333	0	111.5	14.99675	
14.67	28.5964103	0	13.5333333	0	111	16.2837	
13.47	28.5964103	0	13.5333333	0	111.5	15.01905	
17.11	28.5964103	0	13.5333333	0	109.5	18.73545	
18.51	28.5964103	0	13.5333333	0	109	20.1759	
13.73	28.5964103	0	13.5333333	0	111.5	15.30895	
15.06	28.5964103	0	13.5333333	0	110.5	16.6413	
14.47	28.5964103	0	13.5333333	0	111	16.0617	
13.91	28.5964103	0	13.5333333	0	111.5	15.50965	
12.48	28.5964103	0	13.5333333	0	112	13.9776	
26.36	28.5964103	0	13.5333333	0	105	27.678	
18.4	28.5964103	0	13.5333333	0	109	20.056	
16.3	28.5964103	0	13.5333333	0	110	17.93	
41.19	28.5964103	12.5935897	13.5333333	1	97.5	40.16025	
28.05	28.5964103	0	13.5333333	0	104	29.172	
24.65	28.5964103	0	13.5333333	0	106	26.129	
16.74	28.5964103	0	13.5333333	0	110	18.414	
22.13	28.5964103	0	13.5333333	0	107	23.6791	
32.59	28.5964103	3.99358974	13.5333333	1	102	33.2418	
24.7	28.5964103	0	13.5333333	0	106	26.182	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

28.01	28.5964103	0	13.5333333	0	104	29.1304
25.57	28.5964103	0	13.5333333	0	105.5	26.97635
17.95	28.5964103	0	13.5333333	0	109.5	19.65525
37.32	28.5964103	8.72358974	13.5333333	1	99.5	37.1334
22.76	28.5964103	0	13.5333333	0	107	24.3532
18.92	28.5964103	0	13.5333333	0	109	20.6228
26.1	28.5964103	0	13.5333333	0	105	27.405
28.4	28.5964103	0	13.5333333	0	104	29.536
27.23	28.5964103	0	13.5333333	0	104.5	28.45535
25.52	28.5964103	0	13.5333333	0	105.5	26.9236
29.68	28.5964103	1.08358974	13.5333333	1	103.5	30.7188
23	28.5964103	0	13.5333333	0	106.5	24.495
24.4	28.5964103	0	13.5333333	0	106	25.864
24.68	28.5964103	0	13.5333333	0	106	26.1608
31.8	28.5964103	3.20358974	13.5333333	1	102.5	32.595
40.68	28.5964103	12.0835897	13.5333333	1	98	39.8664
42.74	28.5964103	14.1435897	13.5333333	2	97	41.4578
16.82	28.5964103	0	13.5333333	0	110	18.502
39.85	28.5964103	11.2535897	13.5333333	1	98.5	39.25225
15.36	28.5964103	0	13.5333333	0	110.5	16.9728
24.98	28.5964103	0	13.5333333	0	106	26.4788
31.05	28.5964103	2.45358974	13.5333333	1	102.5	31.82625
29.48	28.5964103	0.88358974	13.5333333	1	103.5	30.5118
24.48	28.5964103	0	13.5333333	0	106	25.9488
20.88	28.5964103	0	13.5333333	0	108	22.5504
27.02	28.5964103	0	13.5333333	0	104.5	28.2359
15.58	28.5964103	0	13.5333333	0	110.5	17.2159
20.77	28.5964103	0	13.5333333	0	108	22.4316
40.6	28.5964103	12.0035897	13.5333333	1	98	39.788
32.8	28.5964103	4.20358974	13.5333333	1	102	33.456
34.6	28.5964103	6.00358974	13.5333333	1	101	34.946
37.7	28.5964103	9.10358974	13.5333333	1	99.5	37.5115
42.7	28.5964103	14.1035897	13.5333333	2	97	41.419
45.5	28.5964103	16.9035897	13.5333333	2	95.5	43.4525
40.03	28.5964103	11.4335897	13.5333333	1	98	39.2294
22.78	28.5964103	0	13.5333333	0	107	24.3746
50.01	28.5964103	21.4135897	13.5333333	2	93	46.5093
23.53	28.5964103	0	13.5333333	0	106.5	25.05945
38.3	28.5964103	9.70358974	13.5333333	1	99	37.917
41.35	28.5964103	12.7535897	13.5333333	1	97.5	40.31625

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

32.3	28.5964103	3.70358974	13.53333333	1	102	32.946	
16.06	28.5964103	0	13.53333333	0	110	17.666	
35.5	28.5964103	6.90358974	13.53333333	1	100.5	35.6775	
65.52	28.5964103	36.9235897	13.53333333	3	85.5	56.0196	
44.48	28.5964103	15.8835897	13.53333333	2	96	42.7008	
48.63	28.5964103	20.0335897	13.53333333	2	94	45.7122	
57.8	28.5964103	29.2035897	13.53333333	3	89.5	51.731	
43.78	28.5964103	15.1835897	13.53333333	2	96.5	42.2477	
68.2	28.5964103	39.6035897	13.53333333	3	84	57.288	
17.55	28.5964103	0	13.53333333	0	109.5	19.21725	
41.65	28.5964103	13.0535897	13.53333333	1	97.5	40.60875	
29.27	28.5964103	0.67358974	13.53333333	1	103.5	30.29445	
28.1	28.5964103	0	13.53333333	0	104	29.224	
21.81	28.5964103	0	13.53333333	0	107.5	23.44575	
28.9	28.5964103	0.30358974	13.53333333	1	104	30.056	
27.95	28.5964103	0	13.53333333	0	104.5	29.20775	
29.55	28.5964103	0.95358974	13.53333333	1	103.5	30.58425	
73.02	28.5964103	44.4235897	13.53333333	4	81.5	59.5113	
86.69	28.5964103	58.0935897	13.53333333	5	75	65.0175	
150.83	28.5964103	122.23359	13.53333333	10	43	64.8569	
59.56	28.5964103	30.9635897	13.53333333	3	88.5	52.7106	
56.15	28.5964103	27.5535897	13.53333333	3	90	50.535	
36.94	28.5964103	8.34358974	13.53333333	1	100	36.94	
43.27	28.5964103	14.6735897	13.53333333	2	96.5	41.75555	
49.73	28.5964103	21.1335897	13.53333333	2	93.5	46.49755	
52.2	28.5964103	23.6035897	13.53333333	2	92	48.024	
					Promedio	30.7300894	35.9542046

Anexo 11. TIEMPO BASE MARCACION CONSTANCIA

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Marcación en Constancia	Tiempo Muerto	Pegar en Pigs	# Pigs	Tiempo Muerto	Tiempo Observado	Calificación	Tiempo Básico	Tiempo promedio de ciclo de marcación en constancia
16.6	1.3	1.648	1	1.984	21.532	100	21.532	
16.6	1.3	1.648	1	1.984	21.532	100	21.532	
16.6	1.3	1.648	1	1.984	21.532	100	21.532	
16.6	1.3	1.648	1	1.984	21.532	100	21.532	
16.6	1.3	1.648	1	1.984	21.532	100	21.532	
24	5.21	9	1	2.3	40.51	90.5	36.66155	
16.59	3.33	11.2	1	2.7	33.82	94	31.7908	
17.53	2.03666667	5.07666667	1	1.33333333	25.9766667	98	25.4571333	
17.53	2.03666667	5.07666667	1	1.33333333	25.9766667	98	25.4571333	
17.53	2.03666667	5.07666667	1	1.33333333	25.9766667	98	25.4571333	
10.06	5.4	13.6	1	3	32.06	94.5	30.2967	
20.23	6.21	6.96	1	4.45	37.85	92	34.822	
18	3.33	9.74	1	5.83	36.9	92.5	34.1325	
18.09	3.21	5.83	1	8.2	35.33	93	32.8569	
12.74	4.29	3.86	1	5.4	26.29	97.5	25.63275	
13.02	3.595	2.915	1	5.05	24.58	98.5	24.2113	
13.02	3.595	2.915	1	5.05	24.58	98.5	24.2113	
25.02	6.66	6.51	1	7.7	45.89	88	40.3832	
15.38	3.44666667	2.65666667	1	3.7	25.1833333	98	24.6796667	
15.38	3.44666667	2.65666667	1	3.7	25.1833333	98	24.6796667	
15.38	3.44666667	2.65666667	1	3.7	25.1833333	98	24.6796667	
20.6666667	3.61666667	6.63666667	1	3.26	34.18	93.5	31.9583	
20.6666667	3.61666667	6.63666667	1	3.26	34.18	93.5	31.9583	
20.6666667	3.61666667	6.63666667	1	3.26	34.18	93.5	31.9583	
24.2	4.44	5.99	1	6.66	41.29	90	37.161	
16.25	1.4575	4.905	1	2.4175	25.03	98	24.5294	
16.25	1.4575	4.905	1	2.4175	25.03	98	24.5294	
16.25	1.4575	4.905	1	2.4175	25.03	98	24.5294	
16.25	1.4575	4.905	1	2.4175	25.03	98	24.5294	
14.6666667	0.90166667	4.535	1	1.67833333	21.7816667	100	21.7816667	
14.6666667	0.90166667	4.535	1	1.67833333	21.7816667	100	21.7816667	
14.6666667	0.90166667	4.535	1	1.67833333	21.7816667	100	21.7816667	
14.6666667	0.90166667	4.535	1	1.67833333	21.7816667	100	21.7816667	
14.6666667	0.90166667	4.535	1	1.67833333	21.7816667	100	21.7816667	
14.6666667	0.90166667	4.535	1	1.67833333	21.7816667	100	21.7816667	
15	1.098	4.3	1	2.462	22.86	99.5	22.7457	
15	1.098	4.3	1	2.462	22.86	99.5	22.7457	
15	1.098	4.3	1	2.462	22.86	99.5	22.7457	
15	1.098	4.3	1	2.462	22.86	99.5	22.7457	
15	1.098	4.3	1	2.462	22.86	99.5	22.7457	
15.85	6.69	8.95	1	6.24	37.73	92	34.7116	
14.86	10.3	7.59	1	2.72	35.47	93	32.9871	
14.86	10.3	7.59	1	2.72	35.47	93	32.9871	
22.54	1.19	6.66	1	3.26	44.36	88.5	39.0586	
15.09	1.48	7.12	1	5.29	40.18	90.5	36.3629	
71.56	2.4	19.26	1	4.06	97.28	62	60.3136	
83.1	1	15.76	1	3.59	103.45	59	61.0355	
50.43	0.7	14.22	1	2.1	67.45	77	51.9365	
32.23	4.3	11.11	1	1.78	49.42	86	42.5012	
42.11	5.3	10.09	1	1.33	58.83	81.5	47.94645	
22.61	3.42	13.89	1	4.55	44.47	88.5	39.35595	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la ENEC.

17	5.21	11.78	1	4.78	38.77	91.5	35.47455	
21.82	8.1	12.57	1	3.86	46.35	87.5	40.55625	
14.4	2.08	5.42	1	3.4	25.3	98	24.794	
17.52	1.36	6.77	1	4.23	29.88	96	28.6848	
31.18	2.2	7.45	1	5.4	46.23	87.5	40.45125	
38	2.66	6.265	1	2.115	49.04	86	42.1744	
38	2.66	6.265	1	2.115	49.04	86	42.1744	
32.47	2.42	15.7	1	1.32	51.91	85	44.1235	
16.2	18.07	5.79	1	2.28	42.34	89.5	37.8943	
16.92	2.31	4.755	1	2.605	26.59	97.5	25.92525	
16.92	2.31	4.755	1	2.605	26.59	97.5	25.92525	
15.57	5.66	6.8	1	6.76	34.79	93.5	32.52865	
8.78	1.74	8.19	1	4.21	22.92	99.5	22.8054	
20.38	3.66	4.37	1	5.56	33.97	94	31.9318	
28.48	2.12	9.34	1	6.6	46.54	87.5	40.7225	
13.635	1.845	5.43	1	2.83	23.74	99	23.5026	
13.635	1.845	5.43	1	2.83	23.74	99	23.5026	
15.97	3.39	6.57666667	1	2.26	28.1966667	96.5	27.2097833	
15.97	3.39	6.57666667	1	2.26	28.1966667	96.5	27.2097833	
15.97	3.39	6.57666667	1	2.26	28.1966667	96.5	27.2097833	
35.775	0.68333333	10.29	1	0.83333333	47.5816667	87	41.39605	
35.775	0.68333333	10.29	1	0.83333333	47.5816667	87	41.39605	
35.775	0.68333333	10.29	1	0.83333333	47.5816667	87	41.39605	
35.775	0.68333333	10.29	1	0.83333333	47.5816667	87	41.39605	
35.775	0.68333333	10.29	1	0.83333333	47.5816667	87	41.39605	
35.775	0.68333333	10.29	1	0.83333333	47.5816667	87	41.39605	
22.32	1.8	8.73333333	1	9.76333333	42.6166667	89.5	38.1419167	
22.32	1.8	8.73333333	1	9.76333333	42.6166667	89.5	38.1419167	
22.32	1.8	8.73333333	1	9.76333333	42.6166667	89.5	38.1419167	
48.6	0.5675	12.8175	1	2.6	64.585	78.5	50.699225	
48.6	0.5675	12.8175	1	2.6	64.585	78.5	50.699225	
48.6	0.5675	12.8175	1	2.6	64.585	78.5	50.699225	
48.6	0.5675	12.8175	1	2.6	64.585	78.5	50.699225	
57.1471429	0.63857143	7.54285714	1	0.77571429	66.1042857	77.5	51.2308214	
57.1471429	0.63857143	7.54285714	1	0.77571429	66.1042857	77.5	51.2308214	
57.1471429	0.63857143	7.54285714	1	0.77571429	66.1042857	77.5	51.2308214	
57.1471429	0.63857143	7.54285714	1	0.77571429	66.1042857	77.5	51.2308214	
57.1471429	0.63857143	7.54285714	1	0.77571429	66.1042857	77.5	51.2308214	
57.1471429	0.63857143	7.54285714	1	0.77571429	66.1042857	77.5	51.2308214	
57.1471429	0.63857143	7.54285714	1	0.77571429	66.1042857	77.5	51.2308214	
						Promedio	33.2998168	38.2947894

Anexo 12. MODELACIÓN TIEMPO CICLO MARCACIÓN

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Mercedón en Constancia	Tiempo Muerto	Distancia a recorrer	Pegs en Pigs	# Pigs	Tiempo Muerto	Distancia a impresora	Tiempo Observado	Calificación	Tiempo Básico	Tiempo promedio de ciclo de meración en constancia
16.6	0.606	1	1.648	1	0.606	1	19.46	101	19.6546	
16.6	0.606	1	1.648	1	0.606	1	19.46	101	19.6546	
16.6	0.606	1	1.648	1	0.606	1	19.46	101	19.6546	
16.6	0.606	1	1.648	1	0.606	1	19.46	101	19.6546	
16.6	0.606	1	1.648	1	0.606	1	19.46	101	19.6546	
24	0.606	1	9	1	0.606	1	34.212	95.5	31.98822	
16.99	0.606	1	11.2	1	0.606	1	29.002	96	27.84192	
17.53	0.606	1	5.07666667	1	0.606	1	23.8186667	99	23.58048	
17.53	0.606	1	5.07666667	1	0.606	1	23.8186667	99	23.58048	
17.53	0.606	1	5.07666667	1	0.606	1	23.8186667	99	23.58048	
10.06	0.606	1	13.6	1	0.606	1	24.872	98.5	24.48892	
20.23	0.606	1	6.96	1	0.606	1	28.402	96.5	27.40793	
18	0.606	1	9.74	1	0.606	1	28.952	96.5	27.93868	
18.09	0.606	1	5.83	1	0.606	1	25.132	98	24.62936	
12.74	0.606	1	3.86	1	0.606	1	17.812	102	18.16824	
13.02	0.606	1	2.915	1	0.606	1	17.147	102	17.48994	
13.02	0.606	1	2.915	1	0.606	1	17.147	102	17.48994	
25.02	0.606	1	6.51	1	0.606	1	32.742	94.5	30.94119	
15.38	0.606	1	2.65666667	1	0.606	1	19.2486667	101	19.4411533	
15.38	0.606	1	2.65666667	1	0.606	1	19.2486667	101	19.4411533	
15.38	0.606	1	2.65666667	1	0.606	1	19.2486667	101	19.4411533	
20.66666667	0.606	1	6.63666667	1	0.606	1	28.5153333	96.5	27.5172967	
20.66666667	0.606	1	6.63666667	1	0.606	1	28.5153333	96.5	27.5172967	
20.66666667	0.606	1	6.63666667	1	0.606	1	28.5153333	96.5	27.5172967	
24.2	0.606	1	5.99	1	0.606	1	31.402	95	29.8319	
16.25	0.606	1	4.905	1	0.606	1	22.367	99.5	22.255165	
16.25	0.606	1	4.905	1	0.606	1	22.367	99.5	22.255165	
16.25	0.606	1	4.905	1	0.606	1	22.367	99.5	22.255165	
16.25	0.606	1	4.905	1	0.606	1	22.367	99.5	22.255165	
16.25	0.606	1	4.905	1	0.606	1	22.367	99.5	22.255165	
14.66666667	0.606	1	4.535	1	0.606	1	20.4136667	100.5	20.515735	
14.66666667	0.606	1	4.535	1	0.606	1	20.4136667	100.5	20.515735	
14.66666667	0.606	1	4.535	1	0.606	1	20.4136667	100.5	20.515735	
14.66666667	0.606	1	4.535	1	0.606	1	20.4136667	100.5	20.515735	
14.66666667	0.606	1	4.535	1	0.606	1	20.4136667	100.5	20.515735	
14.66666667	0.606	1	4.535	1	0.606	1	20.4136667	100.5	20.515735	
15	0.606	1	4.3	1	0.606	1	20.512	100.5	20.61456	
15	0.606	1	4.3	1	0.606	1	20.512	100.5	20.61456	
15	0.606	1	4.3	1	0.606	1	20.512	100.5	20.61456	
15	0.606	1	4.3	1	0.606	1	20.512	100.5	20.61456	
15	0.606	1	4.3	1	0.606	1	20.512	100.5	20.61456	
15.85	0.606	1	8.95	1	0.606	1	26.012	97.5	25.3617	
14.86	0.606	1	7.59	1	0.606	1	23.662	99	23.42538	
14.86	0.606	1	7.59	1	0.606	1	23.662	99	23.42538	
22.54	0.606	1	6.66	1	0.606	1	30.412	95.5	29.04346	
15.09	0.606	1	7.12	1	0.606	1	23.422	99	23.18778	
71.56	0.606	1	19.26	1	0.606	1	92.082	64.5	59.36064	
83.1	0.606	1	15.76	1	0.606	1	100.072	60.5	60.54856	
50.43	0.606	1	14.22	1	0.606	1	65.862	78	51.37236	
52.23	0.606	1	11.11	1	0.606	1	44.552	88.5	39.42852	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

42.11	0.606	1	10.09	1	0.606	1	53.412	84	44.86608
22.61	0.606	1	13.89	1	0.606	1	37.712	92	34.89504
35	0.606	1	11.44	1	0.606	1	47.652	87	41.45724
19	0.606	1	3	1	0.606	1	23.212	99	22.97988
15	0.606	1	4	1	0.606	1	20.212	100.5	20.31306
12	0.606	1	4.58	1	0.606	1	17.792	102	18.14784
35	0.606	1	5	1	0.606	1	41.212	90	37.0908
17	0.606	1	9	1	0.606	1	27.212	97	26.39564
29.6	0.606	1	4.75	1	0.606	1	35.562	93	33.07266
12.66666667	0.606	1	5.19666667	1	0.606	1	19.0753333	101	19.2660867
12.66666667	0.606	1	5.19666667	1	0.606	1	19.0753333	101	19.2660867
12.66666667	0.606	1	5.19666667	1	0.606	1	19.0753333	101	19.2660867
10	0.606	1	5.29333333	1	0.606	1	16.5053333	102.5	16.9179667
10	0.606	1	5.29333333	1	0.606	1	16.5053333	102.5	16.9179667
10	0.606	1	5.29333333	1	0.606	1	16.5053333	102.5	16.9179667
17	0.606	1	11.78	1	0.606	1	29.992	96	28.79232
21.82	0.606	1	12.57	1	0.606	1	35.602	93	33.10986
14.4	0.606	1	5.42	1	0.606	1	21.032	100	21.032
17.52	0.606	1	6.77	1	0.606	1	25.502	98	24.99196
31.18	0.606	1	7.45	1	0.606	1	39.842	91	36.25622
38	0.606	1	6.265	1	0.606	1	45.477	88	40.01976
38	0.606	1	6.265	1	0.606	1	45.477	88	40.01976
32.47	0.606	1	15.7	1	0.606	1	49.382	86	42.46852
16.2	0.606	1	5.79	1	0.606	1	23.202	99	22.98998
16.92	0.606	1	4.755	1	0.606	1	22.887	99.5	22.772565
16.92	0.606	1	4.755	1	0.606	1	22.887	99.5	22.772565
15.57	0.606	1	6.8	1	0.606	1	23.582	99	23.34618
8.78	0.606	1	8.19	1	0.606	1	18.182	101.5	18.45473
20.38	0.606	1	4.37	1	0.606	1	25.962	98	25.44276
28.48	0.606	1	9.34	1	0.606	1	39.032	91	35.51912
13.635	0.606	1	5.43	1	0.606	1	20.277	100.5	20.378385
13.635	0.606	1	5.43	1	0.606	1	20.277	100.5	20.378385
15.97	0.606	1	6.57666667	1	0.606	1	23.7586667	99	23.52108
15.97	0.606	1	6.57666667	1	0.606	1	23.7586667	99	23.52108
15.97	0.606	1	6.57666667	1	0.606	1	23.7586667	99	23.52108
35.775	0.606	1	10.29	1	0.606	1	47.277	87	41.13099
35.775	0.606	1	10.29	1	0.606	1	47.277	87	41.13099
35.775	0.606	1	10.29	1	0.606	1	47.277	87	41.13099
35.775	0.606	1	10.29	1	0.606	1	47.277	87	41.13099
35.775	0.606	1	10.29	1	0.606	1	47.277	87	41.13099
35.775	0.606	1	10.29	1	0.606	1	47.277	87	41.13099
22.32	0.606	1	8.73333333	1	0.606	1	32.2653333	94.5	30.49074
22.32	0.606	1	8.73333333	1	0.606	1	32.2653333	94.5	30.49074
22.32	0.606	1	8.73333333	1	0.606	1	32.2653333	94.5	30.49074
48.6	0.606	1	12.8175	1	0.606	1	62.6295	79.5	49.7904525
48.6	0.606	1	12.8175	1	0.606	1	62.6295	79.5	49.7904525
48.6	0.606	1	12.8175	1	0.606	1	62.6295	79.5	49.7904525
48.6	0.606	1	12.8175	1	0.606	1	62.6295	79.5	49.7904525
48.6	0.606	1	12.8175	1	0.606	1	62.6295	79.5	49.7904525
57.14714286	0.606	1	7.54285714	1	0.606	1	65.902	78	51.40356
57.14714286	0.606	1	7.54285714	1	0.606	1	65.902	78	51.40356
57.14714286	0.606	1	7.54285714	1	0.606	1	65.902	78	51.40356
57.14714286	0.606	1	7.54285714	1	0.606	1	65.902	78	51.40356
57.14714286	0.606	1	7.54285714	1	0.606	1	65.902	78	51.40356
57.14714286	0.606	1	7.54285714	1	0.606	1	65.902	78	51.40356
57.14714286	0.606	1	7.54285714	1	0.606	1	65.902	78	51.40356
							Promedio	29.5438104	33.9753819

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.