



# Mejora en la producción de biodigestores de una empresa de productos plásticos

## Improvement in the production of biodigesters for a company of plastic products

**I Noel Ronald Terceros Ramos**

*Ingeniero Industrial por la Universidad para el Desarrollo y la Innovación (UDI)  
Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.  
nonald13@gmail.com*

*Recibido: 01/05/2023*

*Aprobado: 05/06/2023*

### RESUMEN

**E**l presente estudio se desarrolló en una empresa, dedicada a la fabricación de productos plásticos por rotomoldeo, que inició sus operaciones en el año 2003.

La investigación se enfocó en el área productiva de la empresa con el objetivo de desarrollar un diagnóstico de la situación de partida y propuestas de mejora para aquellas áreas que lo requirieran, con énfasis en la producción. Para realizar este análisis, primeramente, se llevó a cabo una caracterización de los procesos mediante la recolección de datos, construcción de documentos y diagramas, seguido de la aplicación de herramientas de ingeniería

de métodos como son los cursogramas analítico, sinóptico y diagrama de recorridos. Asimismo, se realizó la evaluación de factores ambientales y de seguridad industrial. A partir de los resultados de la aplicación de estas herramientas, se logró identificar aquellos factores que requieren cambios, lo que fundamenta la presentación de una serie de propuestas para mejorar la productividad.

**Palabras clave:**

*Productividad, mejora, producción, ingeniería, métodos.*

### ABSTRACT

**T**his study was conducted in a company which started operating in 2003 and is dedicated to the manufacturing of plastic products through rotational molding.

The research focused on the production area with the objective of developing a diagnosis of the starting situation and improvement proposals for this and/or other areas that required it, with an emphasis on production. To carry out this analysis, first, a characterization of the processes was done through data collection, document construction, and diagrams. This was followed by the application

of method engineering tools such as analytical flowcharts, synoptic charts, and route diagrams. Additionally, an evaluation of environmental and industrial safety factors was carried out. Based on the results obtained by these tools, the factors requiring changes were identified, giving the basis for a series of proposals to improve productivity.

**Keywords:**

*Productivity, improvement, production, engineering, methods.*

## INTRODUCCIÓN

La empresa de productos plásticos es una industria dedicada a la fabricación de productos de gran volumen en polietileno por rotomoldeo.

La producción de biogás mediante biodigestores juega un papel importante en el tratamiento de residuos, la gestión ambiental, la producción de energía y más. El primer uso del biogás es para el hogar y para la calefacción. El biogás es un excelente combustible para muchas aplicaciones, enriquecido con metano se puede utilizar para aplicaciones domésticas, automotrices (licuefacción) o de generación de energía.

El lanzamiento de una línea de fabricación de biodigestores hace necesario el estudio de los procesos adoptados para lograr la optimización de los mismos y su correcto funcionamiento dentro de la empresa.

Con estos fines, primeramente, se realizó una caracterización de los procesos productivos actuales, haciendo énfasis en los procesos implicados en la fabricación de biodigestores, así como también en las características y funcionamiento de este producto.

Esta caracterización, elaborada con la información proporcionada por la empresa y la aplicación de técnicas de estudio, y un análisis de los aspectos técnicos del producto, permitirá la evaluación de la situación actual de la empresa.

El objetivo de esta investigación fue diagnosticar la situación actual de la empresa de productos plásticos, caracterizando los procesos utilizados en la producción de biodigestores y realizar propuestas de mejora sobre los factores estudiados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se comenzó con la fase exploratoria para conocer los procesos productivos de la empresa en general y las condiciones de trabajo. Para esto se procedió a verificar la existencia de registros sobre los siguientes aspectos:

- Descripción de los procesos, manuales de procedimientos, registros documentales.
- Observación de campo, respaldando cada característica con fotografías y apuntes de lo observado.
- Entrevistas al personal involucrado con los procesos productivos, tales como encargados de área y el jefe de producción, para conocer los procedimientos de manera general y los detalles que podrían ser omitidos en la observación. Las entrevistas fueron recogidas en registros y mediante grabaciones.

Una vez explorada la situación del estado actual de la empresa y su manejo de información sobre los procesos, se procedió a la validación de los instrumentos. A partir de esto se descartaron las técnicas que no se ajustaban a los objetivos de la investigación y a la realidad del establecimiento,

se procedió a la construcción de registros sobre la caracterización de la empresa y sus procesos, así como también, registros de situaciones desfavorables o con riesgos.

La caracterización de la situación actual de la empresa contempló los siguientes aspectos:

- Diagnóstico inicial: con el objetivo de verificar el funcionamiento de los procesos y las condiciones actuales, se inició con el análisis de la documentación de la empresa y la verificación física de las instalaciones. Entre las fuentes consultadas está la documentación que norma los procedimientos de producción a realizar; la existencia o no de señalizaciones y/o diagramas que respalden el recorrido de la empresa y la ubicación de las áreas del proceso productivo. Asimismo, se verificó la documentación que respalda la aplicación de mecanismos de seguridad industrial y el control de los mismos.
- Características de los productos: se procedió a enlistar los productos más relevantes que produce la empresa y sus especificaciones.
- Caracterización del sistema de producción:

- El tipo de sistema productivo adoptado por la empresa
- La relación del producto objeto del proyecto con los demás productos y con los procesos utilizados en la empresa, determinando así si dicho producto es un referente para el análisis de la productividad de la empresa
- La interacción de los procesos
- Materia prima
- Mano de obra
- Maquinaria
- Desechos
- Distribución de la planta

Luego de la caracterización, se analizaron diversos factores que pueden limitar la productividad tanto de los obreros, como del funcionamiento en general de la planta. Para esto, se observaron las condiciones actuales para la construcción de diagramas y algunos fueron comparados con normativas de referencia.

Una herramienta importante para este análisis es la ingeniería de métodos, mediante la cual se realizó la construcción de los siguientes diagramas: diagrama de recorrido, cursograma analítico y el cursograma sinóptico.

Luego se procedió a realizar un análisis medioambiental y de seguridad medioambiental, evaluando los siguientes factores: iluminación, ruido, contaminación, equipos de protección personal y extintores. Finalmente, se evaluó el cumplimiento del método de las 5s.

## RESULTADOS

El diagnóstico de la situación actual de la empresa aportó los siguientes resultados:

### Diagnóstico inicial:

- No existe documentación que respalde a cabalidad los procedimientos de producción a realizar.
- La empresa no cuenta con un layout que respalde el recorrido del espacio y la ubicación de las áreas del proceso productivo.
- Existe deficiente documentación que respalde la aplicación de mecanismos de seguridad industrial y el control de los mismos.

### Características de los productos:

- Se procedió a enlistar los productos más relevantes que produce la empresa y sus especificaciones.

### Caracterización del sistema de producción.

Se describe lo siguiente:

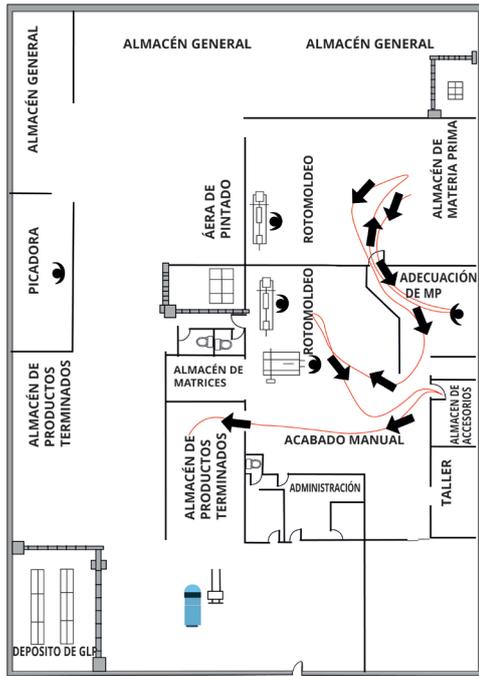
- El tipo de sistema productivo adoptado por la empresa: producción por órdenes de trabajo o producción bajo pedido.
- Principales procesos. Evaluando la relación del producto objeto del proyecto con los demás productos y con los procesos utilizados en la empresa, se determinó que los biodigestores de polietileno agrupan los principales procesos realizados por la empresa, por consiguiente, es un referente para el análisis de su productividad.
- Interacción de los procesos: se documentó de manera descriptiva la interacción de los procesos, mediante la creación del mapa de procesos, y la descripción de la cadena de suministros. Asimismo, se documentó cada uno de estos procesos generando registros y siguiendo la pirámide documental.
- Materia prima utilizada en el proceso productivo. Se estableció como la principal materia prima el polietileno de mediana y alta densidad, en polvo.
- Mano de obra: la empresa cuenta con aproximadamente 45 trabajadores, de los cuales 15 son administrativos, que cumplen labores de gestión, y 30 son trabajadores que cumplen labores de producción, incluyendo a los encargados de área.
- Maquinaria utilizada: balanza de piso, molino de martillos, mezcladora de sólidos, máquina de rotomoldeo a flama abierta.
- Desechos de producción. Retazos de plástico que, dependiendo del producto fabricado, pueden ser de una o varias capas, son picados y almacenados en bolsas para posteriormente ser comercializados a otras industrias que trabajan con materiales de densidad variable.
- Distribución de la planta. Se evidenció que conforme fue creciendo la empresa, la planta se fue ampliando, adicionando secciones en los alrededores e instalando las maquinarias adicionadas, es por esta razón que se considera que no ha sido planificada su distribución y en primera instancia se presume que no es la adecuada. Se verificó que la empresa no cuenta con un layout o diagrama de recorrido para el área productiva, por lo tanto, se realizó la construcción de un diagrama de recorridos para analizar la distribución de la planta, cuyos resultados se mencionan líneas abajo.

### Análisis de los factores que limitan la producción y propuestas de mejora.

Luego de realizado el diagnóstico, la caracterización de los productos y del sistema de producción, se analizaron diversos factores que pueden limitar la productividad.

Partiendo de ello, se realizó la construcción del

**Actual**



**Propuesto**

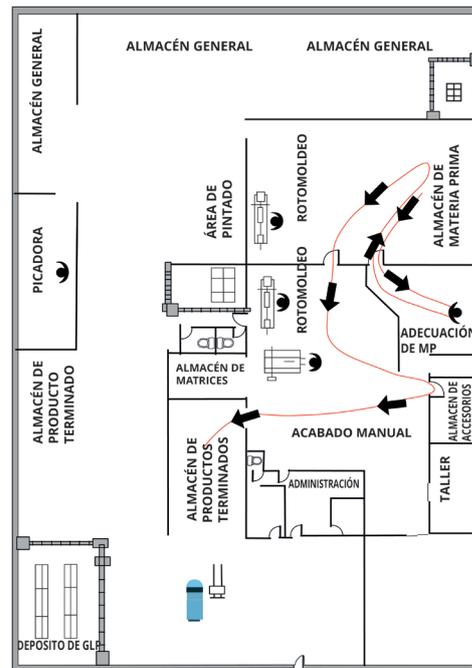


Figura 1: Comparación diagrama de recorridos actual y el propuesto

diagrama de recorrido, el cursograma analítico y el cursograma sinóptico. Mediante la construcción de los diagramas mencionados, se pudieron documentar los procesos actuales, asimismo, evidenciar falencias que pueden ser objeto de mejora, tales como la reducción de distancias de recorrido innecesarias o la reducción de actividades redundantes, como espera o actividades duplicadas sin una utilidad extra (Figura 1).

En el diagrama actual se pudo apreciar que existe una saturación de tránsito en uno de los pasillos, el cual tiene una pared que impide el contacto directo del área de rotomoldeo con el de adecuación, esta separación ocasiona un transporte innecesario y permite libre tránsito del personal al área de adecuación, pudiendo fomentar riesgos de contaminación. Por tanto, se recomienda la apertura de una puerta alternativa que conecte el área de rotomoldeo al almacén de materia prima, sin la necesidad de atravesar el área de adecuación de materia prima, ya que este área puede manipular materiales que requieren protección especial, como filtros anti polvos, además de la manipulación de otras sustancias químicas.

En la Tabla 1 se muestra de manera resumida una comparación entre el cursograma analítico actual y el propuesto.

En la columna de resultados de la situación propuesta, la mayor cantidad de actividades corresponden a actividades de operación, es decir, actividades que aportan valor al producto. En segundo lugar, se observan actividades de inspección que corresponden a controles que pueden influir en la calidad del producto. Sin embargo, se eliminó

aquella actividad que no altera los resultados, como es la medición de la temperatura antes del vaciado, la cual se considera innecesaria porque se realiza una segunda medición luego del vaciado. En tercer lugar, se encuentran las actividades de transporte, en las que fue reducida la distancia al aplicar las correcciones del diagrama de recorridos.

Resumen			
Actividad	Actual	Propuesto	Economía
Operación	11	11	0
Inspección	7	6	1
Espera	4	3	1
Transporte	5	5	0
Almacenamiento	2	2	0
Distancia (mts)	124	109	15
Tiempo (min.)	240.75	215.85	24.9

Tabla 1: Resumen de la comparación del cursograma analítico actual y la propuesta

En la cantidad de actividades de espera, se propone la eliminación de la espera por corte de material realizando la compra del material filtrante alternativo. Por último, no se realizaron modificaciones en la cantidad de actividades de almacenamiento ya que se considera adecuada al tratarse de materiales distintos.

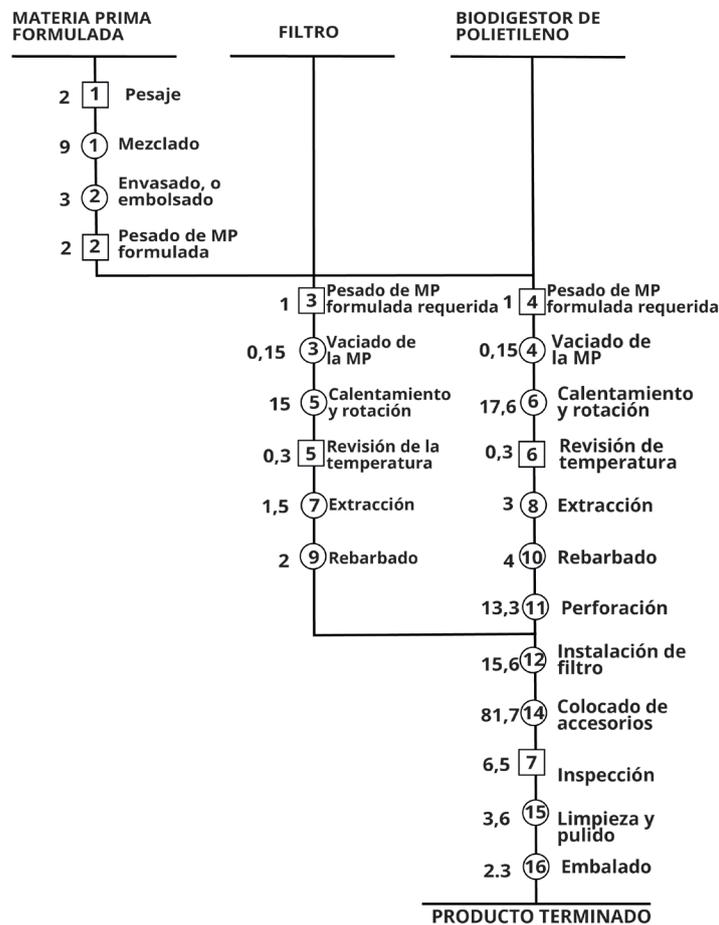
Para mayor ilustración del proceso se elaboró el cursograma sinóptico de la situación propuesta (Figura 2)

- El análisis de seguridad medioambiental realizado aportó los siguientes resultados:
- Iluminación: se realizó la medición de los niveles de iluminación promedio, comparando los niveles de iluminación según NTS-001/17 y se concluyó, que para el área de acabado manual no se cumple con los niveles de iluminación requeridos.
- Ruido: se realizó la medición en dB de los niveles de ruido en todas las áreas, comparando con los límites máximos permisibles de exposición NTS-002/17 referente al ruido en el ambiente laboral. Se detectan niveles de ruido de entre 36 a 85dB, excepto en el área del molino de martillos en que se registra un máximo de 89dB, sin embargo, la exposición a esta máquina no supera las 2 horas diarias y se realiza con el uso de protectores auditivos.
- Contaminación: en cuanto a contaminación, primeramente, se analizó la emisión de gases al ambiente, dado que la materia prima (polietileno) cuenta con estabilidad química y térmica, y que las emisiones por quema de gas en el proceso de rotomoldeo son equivalentes a las de un horno de gas convencional. Se pudo verificar que, efectivamente, la contaminación se puede traducir al manejo de los residuos sólidos.
- Equipos de protección personal: primeramente,

se verificó la dotación de los equipos de protección personal utilizados en la empresa, lo que muestra que la empresa cumple con lo indicado según el Art. 375 de la Ley General del trabajo del 24 de mayo de 1939. Sin embargo, se detectó la falta de uso o uso incorrecto de algunos equipos de protección por parte del personal.

- Extintores: para el análisis del uso de extintores se recurrió a la norma NFPA 10 Norma para extintores portátiles de incendios publicada por la Organización Iberoamericana de Protección Contra Incendios y actualmente adoptada en Bolivia, la cual establece la clase de riesgos y el área máxima de piso por extintor. Se estima que la planta cuenta con un área de 2201 m2 por tanto, de acuerdo al cálculo anterior, debe tener un mínimo de 2 extintores. La empresa cuenta con 5 extintores distribuidos en toda la planta, esto por separación de áreas, por lo que se considera que la empresa cumple con la cantidad mínima de extintores necesarios. Sin embargo, la empresa no consideró la ubicación correcta de algunos de los extintores.

Finalmente, se evaluó el cumplimiento del método de las 5s, mediante el cual se pudo plasmar observaciones en cada punto, documentándolas con imágenes y citándolas puntualmente para su corrección.



• Figura 2. Cursograma Sinóptico propuesto

## COMENTARIOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos se logró recolectar información sobre las características de la empresa y los procesos actuales involucrados en la fabricación de biodigestores, sin embargo, la información documentada que respalda y estandariza los procesos en la empresa, es deficiente y en algunos casos inexistente.

Mediante el análisis de factores que limitan la productividad sugeridos por la ingeniería de métodos, se determinaron las siguientes áreas que requieren mejoras:

- El recorrido del proceso no es adecuado ya que obliga a realizar movimientos innecesarios y aumenta el riesgo de exposición al personal de rotomoldeo ante áreas que requieren condiciones de seguridad diferentes.
- Existen tiempos en la producción que pueden reducirse.
- La empresa no cuenta con las adecuadas medidas de seguridad y condiciones ambientales, lo que ocasiona mayor riesgo de bajas en el personal y adicionalmente incumplimiento de la normativa laboral en Bolivia.

La detección de estas limitaciones en la producción, dio lugar a las siguientes acciones:

- Se inició un ciclo de construcción de información documentada en la empresa, con la creación del manual de calidad, el cual es el documento principal en la pirámide documental del sistema de gestión de calidad.
- Se realizaron propuestas de las correcciones necesarias en los procesos en los que se demuestran deficiencias a partir de la investigación realizada, en cuanto a tiempos y movimientos.
- Se realizaron propuestas de mejoras en cuanto a las condiciones ambientales observadas.

La metodología aplicada en la investigación y las consecuentes mejoras propuestas para esta empresa pueden generalizarse a otras similares, puesto que se conoce que las formas de trabajo y de producción adoptadas por las organizaciones también determinan el grado de productividad que se pueda alcanzar, teniendo en cuenta los movimientos humanos que se llevan a cabo, las herramientas que se utilizan, los instrumentos de trabajo, los materiales que se transforman y las máquinas empleadas.

La productividad se mejora mediante optimización del trabajo, produciendo con mayor eficacia incurriendo en un esfuerzo, costo y tiempo mínimo. La adecuada organización de la empresa permite la división del trabajo y la coordinación entre cada uno de los procesos, lo anterior permite funcionar con

dinamismo y tener la capacidad de reorganizarse cuando sea necesario para alcanzar los objetivos (Fontalvo, 2018).

## Bibliografía

- BioDigester. (05 de junio de 2014). Historia de los biodigestores. *BioDigester* <http://infodigester.blogspot.com/2014/06/historia-de-los-biodigestores.html>
- EcuRed. (2019). *Enciclopedia cubana*. Ingeniería de métodos. [https://www.ecured.cu/Ingenier%C3%ADa\\_de\\_m%C3%A9todos](https://www.ecured.cu/Ingenier%C3%ADa_de_m%C3%A9todos)
- ESGinnova. (2019). *¿Cómo influye la calidad total en la productividad empresarial?*. Isotools Excellence. <https://www.isotools.org/2015/06/05/como-influye-la-calidad-total-en-la-productividad-empresarial/>
- Fontalvo Herrera, T., De la Hoz Granadillo, E., y Morelos Gómez, J. (2018). *La productividad y sus factores: incidencia en el mejoramiento organizacional*. Dimensión empresarial.
- Franco Gonzales, J. C. (1992). *Seguridad industrial: Salud Ocupacional*. Universidad del Quindío.
- Insignia. (29 de junio de 2017). Estudio del trabajo. *El insignia*. <https://blog.elinsignia.com/2017/06/29/estudio-del-trabajo-3/>
- Korbag, I., Saleh Omer, S. M., Boghazala, H., Ahmeedah, M., y Aboubakr Abusasiyah, M. A. (2020). *Recent Advances of Biogas Production and Future Perspective*. DOI: 10.5772/intechopen.93231
- Lopez, C. (2019). *El estudio de tiempos y movimientos. Qué es, origen, objetivos y características*. Gestipolis. <https://www.gestipolis.com/el-estudio-de-tiempos-y-movimientos/>
- López Moreno, S., y López Bañuelos, R. H.(s.f.). *Procesamiento de materiales compuestos por medio de rotomoldeo*. Hidalgo: Univ. de Hidalgo.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Bogotá. (2004). *Guías ambientales sector plástico*. <https://redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com/2012/09/guias-ambientales-sector-plc3a1sticos.pdf>
- Ministerio de Trabajo, Empleo y Previsión social. (2019). NTS-001/17 *Iluminación*. La Paz.
- Ministerio de trabajo, Empleo y Previsión social. (2017). NTS-002/17 *Ruido*. La Paz
- Miranda, H. (29 de marzo de 2008). Alcance de la ingeniería de métodos y el estudio de tiempos. *Ingeniería de métodos*. <http://ingenieriametodos.blogspot.com/2008/03/alcance-de-la-ingeniera-de-mtodos-y-el.html>
- Ordoñez Nuñez, J. C. (2016). *La seguridad e higiene industrial y el aumento de la productividad en los centros de trabajo*. Revista Tecnológica, 12(18), 45-46
- Peralta, J. L., Alarcón Jimenez, E. y Rocha Pérez, M. A. (2014). *Estudio del Trabajo*. México: Patria S.A.
- Salazar López, B. (18 de junio de 2019). Ingeniería de Métodos. *Ingeniería industrial online*. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/ingenier%C3%ADa-de-metodos/>
- Salazar López, B. (26 de junio de 2019). Cálculo del número de observaciones. *Ingeniería industrial online*. <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/c%C3%A1culo-del-n%C3%BAmero-de-observaciones/>