

## **Determination of the availability of the cocoa drying system at the Asoproagroviche company**

### **Determinación de la disponibilidad del sistema de secado de cacao en la empresa Asoproagroviche**

**Autores:**

Vera-Vélez, Jandry Leodan  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Ing. Mecánico  
Maestrante en mantenimiento industrial mención gestión eficiente del mantenimiento  
Portoviejo – Ecuador



[jvera5490@utm.edu.ec](mailto:jvera5490@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0002-7078-8898>

Liudmyla, Shkilioba  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ  
Ing. Mecánica  
Doctor en Ciencias Técnicas.  
Departamento Ciencias Agrícolas. Facultad Ingeniería Agrícola.  
Portoviejo – Ecuador



[liudmyla.shkiliova@utm.edu.ec](mailto:liudmyla.shkiliova@utm.edu.ec)



<https://orcid.org/0000-0001-9289-5486>

Fechas de recepción: 02-JUN-2024 aceptación: 06-JUN-2024 publicación: 15-JUN-2024



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



## Resumen

Ecuador se destaca entre los principales países exportadores de granos de cacao en el mundo en el 2022 solo por detrás Costa de Marfil y Ghana. El objetivo de este artículo es determinar la disponibilidad del sistema de secado de cacao en la empresa Asoproagrovice, ubicada en la parroquia Viche del cantón Quinindé en la provincia de Esmeraldas. La investigación se realizó mediante un enfoque descriptivo cuantitativo, dado que la empresa no maneja gestión de mantenimiento ni indicadores. Por lo tanto, se procedió a determinar la disponibilidad genérica de las secadoras circulares automáticas, cuya operación es crucial para el éxito de la entidad. Se obtuvieron los tiempos útiles y tiempos de no funcionalidad mediante el análisis de los datos del proceso de producción, disponibles en la empresa. Los resultados indican que las dos secadoras tienen una disponibilidad del 90% y 85%, respectivamente. Se concluye que la secadora uno está en el límite, mientras que la secadora dos se encuentra por debajo del límite aceptable. En consecuencia, se recomienda que Asoproagrovice implemente metodologías y técnicas de mantenimiento que permitan medir y mejorar los indicadores de las secadoras artificiales.

**Palabras clave:** Disponibilidad genérica; funcionalidad; artificiales



## Abstract

Ecuador stands out among the main cocoa bean exporting countries in the world in 2022 only behind Ivory Coast and Ghana. The objective of this article is to determine the availability of the cocoa drying system in the Asoproagrovice company, located in the Viche parish of the Quinindé canton in the province of Esmeraldas. The research was carried out using a quantitative descriptive approach, given that the company does not manage maintenance management or indicators. Therefore, the generic availability of automatic circular dryers was determined, the operation of which is crucial to the success of the entity. The useful times and non-functional times were obtained by analyzing the production process data, available in the company. The results indicate that the two dryers have an availability of 90% and 85%, respectively. It is concluded that dryer one is at the limit, while dryer two is below the acceptable limit. Consequently, it is recommended that Asoproagrovice implement maintenance methodologies and techniques that allow measuring and improving the indicators of artificial dryers.

**Keywords:** Generic availability; functionality; artificial



## Introducción

Ecuador experimenta un crecimiento permanente en el sector agropecuario, que le ha permitido aumentar las exportaciones de productos como banano, atún, camarón, cacao y flores naturales (Chuncho Juca et al., 2021). Abad et al., (2021), señalan que en 2018 el cacao contribuyó con un 1.97% al PIB y también proporcionó empleo tanto directo como indirecto subrayando su importancia para la economía nacional.

Las estadísticas internacionales de TRADE MAP (2022) destacan a los principales países exportadores de cacao durante el año 2022, donde Costa de Marfil lidera con un 36,2% de las exportaciones, seguido por Ghana con un 15,4% y Ecuador con un 10,3%. Otros contribuyentes significativos incluyen Bélgica, Nigeria, Camerún y los Países Bajos.

En la producción de cacao, los procesos de fermentación y secado son cruciales, ya que determinan la calidad del grano y, en consecuencia, su competitividad en el mercado (Rios-Jara & Lévano-Rodríguez, 2022). Esto destaca la importancia de los equipos utilizados y del mantenimiento adecuado que se les proporciona.

Entre el secado natural y el artificial del grano de cacao para alcanzar un 7% de humedad, la segunda opción resulta más factible. El secado artificial no solo conserva la integridad física del grano, sino que también ofrece un mayor rendimiento al reducir el tiempo de secado y ser menos dependiente de las condiciones climáticas (Parra Rosero, 2018).

Además, según Orna et al.,(2018), una de las ventajas de las secadoras artificiales automáticas es que permiten modificar variables como el flujo de aire y la temperatura, lo que las diferencia de las máquinas artesanales. Por lo que su éxito depende críticamente del mantenimiento adecuado y de la medición precisa de sus indicadores.

De acuerdo con Pérez Rondón (2021), mantenimiento se define como las acciones necesarias para asegurar las condiciones de funcionamiento requeridas de equipos y máquinas. Estas condiciones deben medirse mediante indicadores para poder mantenerlas o mejorarlas, siempre considerando en cuenta que cada empresa tiene características únicas.

Según la investigación realizada por Vera-Zambrano & Torres-Rodríguez (2021), una de las problemáticas del sector agroindustrial radica en la duración de la vida útil de sus equipos, ya que, por lo general, se enfocan en el mantenimiento correctivo. En este contexto, surge la necesidad de implementar estrategias de mantenimiento que garanticen mayor operatividad y eficiencia en cada uno de sus sistemas (Medina, 2022).

La disponibilidad es un indicador crucial en el mantenimiento de equipos, ya que mide el tiempo durante el cual un equipo opera correctamente y está disponible para su uso en la producción. En el ámbito del mantenimiento, se utiliza para evaluar la eficacia del mantenimiento preventivo y correctivo.

La disponibilidad es la probabilidad de que un equipo funcione satisfactoriamente durante el tiempo requerido. En algunos casos, esta medida puede incluir los tiempos de mantenimiento preventivo, así como los tiempos administrativos y logísticos (Mora, 2009).



Para Asoproagrovice, una empresa dedicada a la compra y venta de cacao en grano, determinar la disponibilidad de sus secadoras circulares automáticas es vital. La empresa actualmente no cuenta con un sistema de gestión de mantenimiento, por lo que evaluar la disponibilidad podría ser el primer paso hacia la implementación de nuevas técnicas y estrategias de mantenimiento. Esto permitiría conocer, evaluar y mejorar la eficiencia y efectividad de sus operaciones.

Según Mora (2009), la disponibilidad debe calcularse en función de los datos existentes. En esta investigación, se determinó la disponibilidad genérica, ya que es ideal para organizaciones que no predicen ni manejan indicadores y solo consideran los tiempos útiles y los tiempos de inactividad. No se tienen en cuenta los tiempos de mantenimiento preventivo, los tiempos administrativos, los tiempos logísticos, etc.

En la investigación realizada por Zamora-Medina et al.,(2022) se concluyó que la determinación de la disponibilidad es muy útil para el control y evaluación de la gestión de mantenimiento, así como identificar que metodologías y herramientas se pueden implementar.

Con este marco, el objetivo de este trabajo fue determinar la disponibilidad del sistema de secado de cacao en la empresa Asoproagrovice, evaluando el estado operativo de dos secadoras circulares automáticas mediante la disponibilidad genérica. Este análisis es esencial para asegurar un funcionamiento óptimo de las secadoras, minimizando los riesgos de interrupciones y garantizando la calidad del producto final.

## **Materiales y métodos**

Asoproagrovice es una empresa situada en la vía E20-Chura, a 2 km de distancia, en las coordenadas geográficas 0°37'21"N 79°31'57"W. Dedicada principalmente a la compra y venta de productos agrícolas, destaca su enfoque en el cacao, el cual procesa hasta alcanzar un 7% de humedad mediante un sistema de secado artificial. Este sistema está compuesto por dos secadoras circulares automáticas, con capacidades de 500 quintales y 200 quintales respectivamente. La recolección de datos para esta investigación se llevó a cabo en las áreas de producción y mantenimiento de la empresa, desde agosto de 2022 hasta octubre de 2023, realizando visitas cada 30 días aproximadamente para la recolección de datos.

Asoproagrovice se centra principalmente en la compra de cacao CCN 51, que representa la mayor parte de su inventario, debido a su alta productividad en la zona. En comparación, las adquisiciones de cacao criollo son menores, ya que este tipo ha sido en gran medida reemplazado por el CCN 51.

Esta investigación descriptiva y cuantitativa se realizó aprovechando la disponibilidad de los datos y cumpliendo con el objetivo planteado de determinar la disponibilidad.



## Descripción del sistema de secado artificial

El sistema de secado de cacao por convección en Asoproagrovice consiste en dos secadoras circulares automáticas que utilizan GLP (Gas Licuado del Petróleo) como combustible para calentar el aire, mientras que la energía eléctrica alimenta los motores y los sistemas automáticos. Las secadoras están compuestas por un contenedor, una base de soporte, un ventilador, un quemador, un motorreductor, un variador de frecuencia, un sistema de agitación, una compuerta de vaciado y una entrada de flujo de aire. Este aire caliente se introduce de manera forzada sobre los granos de cacao, los cuales entran a las secadoras con un contenido de humedad inicial de 50% aproximadamente. Gracias a su diseño circular y automático, las secadoras garantizan un secado uniforme y eficiente de los granos, facilitado por la circulación continua de aire caliente. Las mismas que operan en un turno diario de 10 horas.

**Tabla 1** Secadoras artificiales de Asoproagrovice.

Secadora	Descripción	Capacidad (quintales)	Humedad entrada (%)	Humedad entrada (%)
1	Grano de cacao	500	50	7
2	Grano de cacao	200	50	7

Fuente: Elaboración propia (Histórico Asoproagrovice).

En la tabla 1 se muestra la capacidad de carga para el secado de cacao de las secadoras artificiales 1 y 2, alcanzando un total 700 quintales, así como los niveles de humedad requeridos para su almacenamiento y venta.

## Disponibilidad

Basándonos en el libro de Mora (2009), se realizó el cálculo de la disponibilidad genérica, especialmente aplicable a empresas que están comenzando a implementar técnicas y metodologías avanzadas de mantenimiento. Este método utiliza únicamente los datos de operación y reparación disponibles, sin considerar los mantenimientos preventivos o predictivos, ni los tiempos logísticos, entre otros aspectos. Este enfoque permite a Asoproagrovice empezar a evaluar y mejorar sus prácticas de mantenimiento con la información actualmente disponible. Esta disponibilidad solo utiliza parámetros UT (Tiempo útiles) y DT (Tiempos en que la máquina no funciona).

Según Mora (2009), la eficiencia en el contexto empresarial se mide considerando tanto lo que cumple como lo que no cumple con los objetivos establecidos. Lo que cumple con los



objetivos se considera adecuado, mientras que lo que no alcanza los estándares deseados se clasifica como inadecuado. Lo que se ve representado en las siguientes ecuaciones:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Metas que se cumplan o sea lo bueno}}{\text{Metas que se cumplan o sea lo bueno} + \text{Lo no bueno o sea lo que no se cumple}}$$

**Ecuación 1** Eficiencia general de cualquier índole

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Confiabilidad}}{\text{Confiabilidad} + \text{Mantenibilidad}}$$

**Ecuación 2** Relación de disponibilidad

### Disponibilidad Genérica sin mantenimientos preventivos - $A_G$

$$A_G = \frac{\text{Media de los tiempos utiles con funcionamiento}}{\text{Media de tiempos utiles} + \text{media de tiempos de no funcionalidad}}$$

$$A_G = \frac{\frac{\sum_{i=1}^m UT_i}{m}}{\frac{\sum_{i=1}^m UT_i}{m} + \frac{\sum_{j=1}^n DT_j}{n}}$$

$$A_G = \frac{MUT}{MUT + MDT}$$

**Ecuación 3** Disponibilidad Genérica

**Donde:**

**UT:** tiempos útiles o Up Time

**DT:** tiempos en que la máquina ni funciona ni produce, o Down Time

**m:** número de eventos de UT

**n:** número de no funcionalidades DT

$$MUT = \frac{UT}{m}$$

**Ecuación 4** Media de tiempos útiles

$$MDT = \frac{DT}{n}$$

**Ecuación 5** Media de tiempos fuera de servicio

Además, se considera que los tiempos de DT no incluyen acciones planificadas como el Mantenimiento Preventivo. En este contexto, la disponibilidad genérica se expresa como un porcentaje, mientras que las unidades de tiempo como UT (Tiempo de Uso), DT (Tiempo de Inactividad), MUT (Tiempo Medio de Uso) y MDT (Tiempo Medio de Inactividad) se registran en horas, minutos, u otras unidades de tiempo equivalentes.



## Resultados

Los resultados de la disponibilidad del sistema de secado de cacao en Asoproagrovice ofrecen información crucial sobre el desempeño de las secadoras circulares automáticas. Estos indicadores permiten identificar áreas críticas para mejoras y establecen una base para intervenciones futuras, asegurando un rendimiento eficiente y respaldando decisiones estratégicas en un entorno competitivo.

Para la determinación del indicador de disponibilidad, se aplicaron los cálculos puntuales necesarios para obtener la disponibilidad genérica en una empresa que no predice ni maneja indicadores de mantenimiento. Las Tablas 2 y 3 muestran los datos específicos sobre los tiempos de utilización (UT) y los tiempos de inactividad (DT) de las secadoras artificiales 1 y 2 en Asoproagrovice. Estos datos fueron obtenidos del área de producción, que registra las operaciones diarias de las máquinas, y del área de mantenimiento, que documenta todo el tiempo fuera de servicio. Los tiempos fueron registrados durante el período de evaluación del sistema de secado de cacao artificial, desde el 1 de agosto de 2022 hasta el 31 de octubre de 2023.

**Tabla 2** Tiempos de operación y fuera de servicio de la secadora 1.

Nº de falla	Fecha Inicio Operación	Fecha Inicio Falla	Fecha Final Falla	Tiempo de operación (h)	Tiempo fuera de servicio (h)
1	1/8/2022	11/8/2022	12/8/2022	104	16
2	13/8/2022	22/9/2022	25/9/2022	402	38
3	26/9/2022	6/11/2022	12/11/2022	416	64
4	13/11/2022	12/12/2023	18/12/2023	307	53
5	19/12/2023	13/01/2023	20/01/2023	230	75
6	20/01/2023	4/2/2023	10/2/2023	145	60
7	11/2/2023	23/03/2023	2/4/2023	402	108
8	3/4/2023	15/4/2023	17/04/2023	125	25
9	18/04/2023	30/4/2023	3/5/2023	130	34
10	3/5/2023	25/5/2023	29/05/2023	216	38
11	29/05/2023	16/6/2023	17/06/2023	182	10
12	18/06/2023	2/8/2023	12/8/2023	458	102
13	13/08/2023	31/8/2023	2/9/2023	190	20
14	3/9/2023	8/9/2023	11/9/2023	60	28
15	11/9/2023	29/10/2023	30/10/2023	482	20
<b>Total</b>				<b>3849</b>	<b>691</b>

Fuente: Elaboración propia (Histórico Asoproagrovice).





**Tabla 3** Tiempos de operación y fuera de servicio de la secadora 2.

Nº de falla	Fecha Inicio Operación	Fecha Inicio Falla	Fecha Final Falla	Tiempo de operación (h)	Tiempo de reparación (h)
1	1/8/2022	22/8/2022	26/8/2023	220	35
2	26/8/2022	16/10/2022	21/10/2022	515	50
3	22/10/2022	15/11/2022	23/11/2023	246	84
4	24/11/2023	29/01/2024	2/2/2024	650	30
5	3/2/2024	27/02/2024	28/02/2024	250	10
6	1/3/2024	10/4/2024	12/4/2024	410	15
7	12/4/2024	14/05/2024	19/05/2024	325	50
8	20/05/2024	6/7/2024	10/7/2024	480	40
9	11/7/2024	22/08/2024	27/08/2024	430	50
10	28/08/2024	19/09/2024	22/09/2024	222	38
11	23/09/2024	26/10/2024	30/10/2024	349	41
<b>Total</b>				<b>4097</b>	<b>443</b>

Fuente: Elaboración propia (Histórico Asoproagroviche).

A partir de los datos recopilados anteriormente, se realizaron los cálculos de la disponibilidad genérica de las dos secadoras circulares automáticas de la empresa Asoproagroviche. Basándose en las Tablas 2 y 3 se obtuvieron los MUT y MDT de las secadoras 1 y 2 respectivamente al relacionar los tiempos de operación con el número de eventos y el tiempo fuera de servicio con el número de fallas.

**Tabla 4** MUT y MDT de las secadoras artificiales 1 y 2 de Asoproagroviche.

Secadora	UT (horas)	DT (horas)	n	MUT (horas)	MDT (horas)
1	4097	443	11	372.45	40.27
2	3849	691	15	256.60	46.07

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos MUT y MDT de la Tabla 4, se procedió a calcular la disponibilidad genérica para cada secadora, según la ecuación 3. Los resultados de cálculo se observan en la Tabla 5.

**Tabla 5** Disponibilidad genérica de las secadoras artificiales 1 y 2 de Asoproagroviche.

Secadora	Tiempo investigación (meses)	MUT (horas)	MDT (horas)	Disponibilidad Genérica AG (%)
1	15	372.45	40.27	90



Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

Una vez obtenidos los resultados de la disponibilidad genérica de las secadoras 1 y 2 de Asoproagrovice, se determinó que eran del 90% y 85%, respectivamente. De acuerdo con la investigación realizada por Cristhian & Ramón (2023), una disponibilidad por debajo del 90% indica problemas evidentes en la ejecución de los mantenimientos. Esto se corrobora con el estudio de Aldana Gallo (2019), donde se observó que, al medir los indicadores y tomar medidas correctivas y preventivas, la disponibilidad de los equipos y sistemas puede mejorar significativamente, pasando de un 87.51% a un 91.57%. Este hallazgo resalta la importancia de implementar prácticas efectivas de mantenimiento para garantizar la disponibilidad adecuada de los equipos. La secadora 1 cumple con el requerimiento mínimo de disponibilidad, mientras que la secadora 2 está por debajo de este umbral, lo que indica la necesidad de implementar herramientas y técnicas de gestión de mantenimiento para mejorar estos indicadores. Es fundamental que estos equipos mantengan una buena disponibilidad para garantizar la continuidad y eficiencia de los procesos de secado de cacao. Además, esta investigación resalta la importancia de medir los indicadores de mantenimiento en equipos clave como las secadoras de cacao. Dada su relevancia en el sector agroindustrial, la evaluación de la disponibilidad se vuelve crucial. No solo permite identificar las razones detrás de los resultados obtenidos, sino también focalizar posibles mejoras en los equipos, subsistemas y sistemas. Esto contribuirá al éxito empresarial al optimizar el rendimiento y reducir las interrupciones en la producción.

## Conclusiones

Se concluye que, aunque la secadora 1 cumple con los niveles de disponibilidad aceptables, la secadora 2 no alcanza este estándar. Esto sugiere la necesidad de implementar mejoras en el mantenimiento y gestión de las secadoras. Se recomienda que Asoproagrovice adopte metodologías y técnicas de mantenimiento adecuadas que permitan medir y mejorar los indicadores de disponibilidad. Además, la implementación de un sistema de gestión de mantenimiento y la capacitación del personal en prácticas de mantenimiento predictivo y preventivo podrían mejorar significativamente la operatividad y eficiencia de las secadoras, asegurando así la calidad del grano de cacao seco y su competitividad en el mercado.



## Referencias bibliográficas

- Abad, K. L. B., Cevallos, H. V., Montealegre, V. J. G., & Romero, H. C. (2021). Análisis de las exportaciones del cacao ecuatoriano en grano en el periodo 2008 al 2018. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), 147-155.
- Aldana Gallo, C. R. (2019). Gestión del Mantenimiento Preventivo para mejorar la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la unidad Inmaculada-Ayacucho de la empresa Unión de Concreteras SA.
- Chuncho Juca, L., Uriguen Aguirre, P., & Apolo Vivanco, N. (2021). Ecuador: análisis económico del desarrollo del sector agropecuario e industrial en el periodo 2000-2018. *Revista Científica y Tecnológica UPSE (RCTU)*, 8, 8-17. [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-76972021000100008&nrm=iso](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-76972021000100008&nrm=iso)
- Cristhian, R., & Ramón, P. (2023). Modelo de Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad Operacional para una Planta Compresora de Gas. *Revista Politécnica*, 51(1), 117-129.
- MAP, T. (2022). Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas ITC. [www.trademap.org](http://www.trademap.org)
- Medina, R. (2022). Tipos de mantenimiento en las unidades de medición de producción de pozos petroleros. *Revista Enfoques*, 6(21), 37-49.
- Mora, L. A. (2009). Mantenimiento-planeación, ejecución y control. Alfaomega Grupo Editor.
- Orna, J., Chuquín, N., Saquina, L., & Cueva, O. (2018). Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 kg. *Enfoque UTE*, 9(2), 159-174.
- Parra Rosero, P. (2018). Modelación de un proceso de secado de cacao utilizando una cámara rotatoria cilíndrica y flujo de aire caliente.
- Pérez Rondón, F. A. (2021). Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial.
- Rios-Jara, J., & Lévano-Rodríguez, D. (2022). Importancia de los dispositivos usados en la fermentación de Cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista agrotecnológica amazónica*, 2(1), e281-e281.
- Vera-Zambrano, R. A., & Torres-Rodríguez, R. (2021). Pautas de un programa de mantenimiento y su importancia en el proceso agroindustrial. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 4(8), 96-113.
- Zamora-Medina, J. R., Briones-Rezabala, L. R., Arteaga-Linzán, Á. R., & Rodríguez-Ramos, P. A. (2022). Determinación de la disponibilidad de un sistema de refrigeración industrial para la industria atunera. *Ingeniería Mecánica*, 25(2), 1-8.



**Conflicto de intereses:**

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

**Financiamiento:**

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

**Agradecimiento:**

N/A

**Nota:**

El artículo no es producto de una publicación anterior.

