

## **DIAGNÓSTICO PREDICTIVO DEL ESTADO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA MOLINOS GUANENTÁ S.A.S**

María Juliana Sanabria Muñoz, Yurley Daniella Gómez Zafra, José Sebastián Pinto moreno  
Fundación universitaria de San Gil – UNISANGIL

Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería, Programa Ingeniería Mantenimiento  
Kilómetro 2 vía San Gil – Charalá

Email: msanabria@unisangil.edu.co, yurleygomez@unisangil.edu.co, josepinto1@unisangil.edu.co  
San Gil, Santander – Colombia

### **Resumen**

En la implementación de este estudio se utilizaron equipos de medición de calidad de la energía eléctrica, termografía y vibraciones mecánicas, con el fin de determinar el estado de los equipos y red eléctrica, siendo de gran importancia para la empresa MOLINOS GUANENTÁ S.A.S ya que no contaban con dicho diagnóstico, y por ende se implementaba el mantenimiento correctivo por avería. Por otra parte, este análisis permitió determinar las condiciones de las máquinas sin interferir en su funcionamiento, diagnosticando así las anomalías mediante el análisis de la información registrada, para determinar el grado de severidad por comparación con patrones y niveles preestablecidos de acuerdo a las diferentes normativas, encontrando fallas que se veían reflejadas en los tres análisis; de esta forma se pudo establecer las acciones de mantenimiento requeridas y el momento en que se deben ejecutar para disminuir la frecuencia de fallas.

### **Introducción**

En la evolución de la tecnología del mantenimiento, se incluye la llegada del mantenimiento predictivo, basado en la determinación del estado de la máquina en operación; la técnica está basada en el hecho que la mayoría de las partes de la máquina darán un tipo de aviso antes de que fallen. Para percibir los síntomas con que nos están advirtiendo requiere varias pruebas no destructivas, tal como análisis de termografía, análisis de desgaste de partículas, análisis de vibraciones y análisis de calidad de energía.

El uso de estas técnicas, para determinar el estado del equipo, dará como resultado un mantenimiento mucho más eficiente, en comparación con otros tipos de mantenimiento. El mantenimiento predictivo permite que la gerencia de la planta tenga el control de las máquinas y de los programas de mantenimiento y no al revés. Una de las disciplinas más importantes es el análisis periódico de vibraciones; se ha demostrado varias veces que, de todas las pruebas no destructivas, que se pueden llevar a cabo en una máquina, la firma de vibraciones proporciona la cantidad de información más importante acerca de su funcionamiento interno.

### **Análisis equipos de producción**

Actualmente, las filosofías predictivas se aplican en la maquinaria crítica en aquellas plantas que cuentan con una gestión optimizada de sus activos. En la empresa Molinos Guanentá S.A.S, se realizaron análisis predictivos con la finalidad de diagnosticar las posibles fallas que a futuro podrían generar paradas inesperadas; entre los análisis realizados se encuentran:

#### ***Calidad de energía***

Se realizaron mediciones de diferentes parámetros eléctricos en la empresa MOLINOS GUANENTÁ S.A.S con el fin de determinar sus valores actuales y compararlos con los valores recomendados por las normas establecidas. Inicialmente se hace un estudio de calidad eléctrica con una duración de cinco días.

Los límites ideales establecidos según las normas IEEE 1159 y NTC IEEE 61000-4-30, en los cuales establece 126 y 220 voltios como los valores de las tensiones de línea y fase respectivamente; el estudio realizado a Molinos Guanentá cumple con estas normas encontrándose en un rango entre 117v y 217v cumpliendo con la norma (ver figura 1).

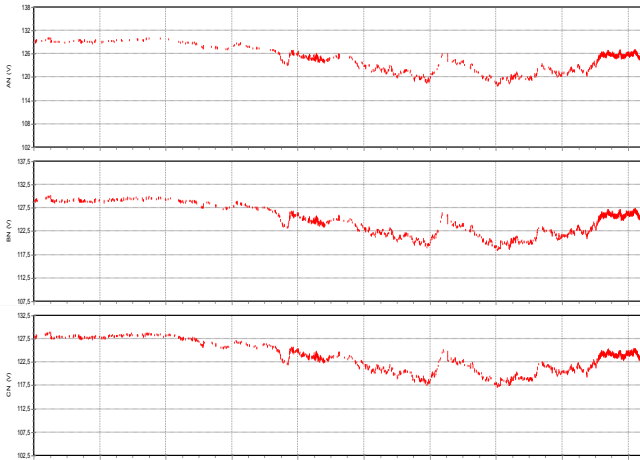


Figura 1: Evolución temporal de la tensión en las 3 líneas con respecto al tiempo.

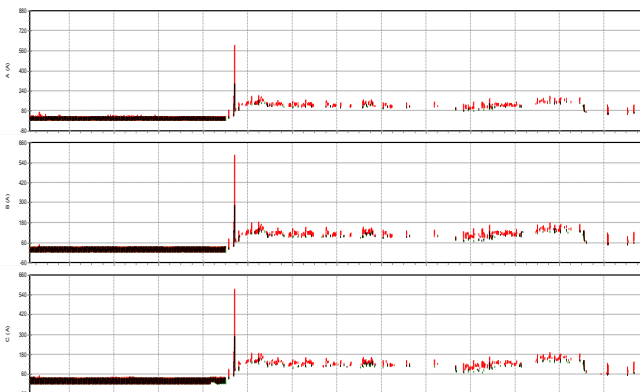


Figura 2: Evolución temporal de la corriente en las 3 líneas con respecto al tiempo.

En el análisis realizado a los datos obtenidos de las corrientes en las tres líneas se encontraron diferentes eventos que superan los límites de las corrientes; en general las corrientes obtenidas durante los cinco días estuvieron en un rango de 0 y 210 amperios aproximadamente (ver figura 2).

De acuerdo con los valores obtenidos de factor de potencia (ver figura 3), no se presenta ningún tipo de variación. Los resultados analizados fueron

positivos ya que la potencia reactiva en comparación con la potencia activa y aparente fue mínima, obteniendo resultados negativos debido a que el banco de condensadores siempre se encuentra encendido mientras los equipos estén en funcionamiento. Así mismo los valores de factor de potencia se encuentran dentro de los límites permisibles; en las horas en las que no hay funcionamiento en la empresa, el factor de potencia es cero o en su defecto negativo, esto hace que no sea penalizado ya que, si hubiera un factor de potencia mayor a cero, la empresa sería penalizada por parte del operador de red según lo dispuesto por la CREG.

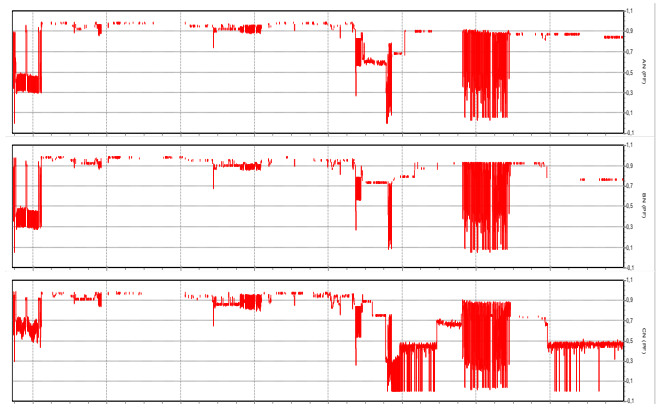


Figura 3: Factor de potencia en las tres líneas.

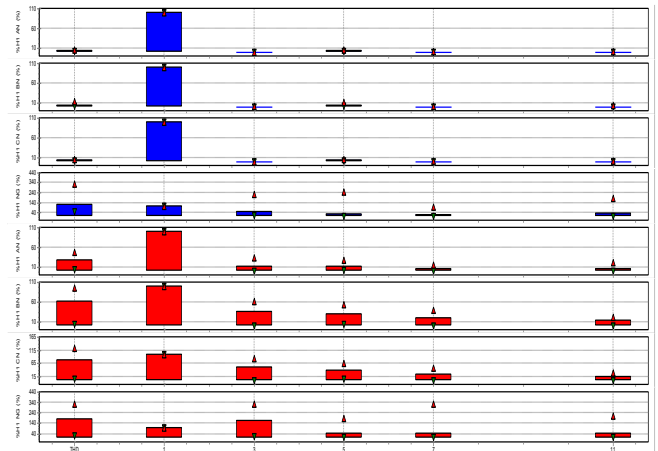


Figura 4: Histograma THD % en tensión y corriente.

A lo largo de la medición (ver figura 4) se obtuvo en THD V 4.4% en promedio y 36.81% en THD A; los límites recomendados por la norma IEC 61000-4-30 en THD V son del 5%, esto indica que se encuentran dentro de los límites. En cuanto al valor

porcentual obtenido en THD A supera considerablemente los límites, ya que el recomendado es del 7%; según REITEC (servicios de ingeniería): “Los efectos de la frecuencia de alimentación conocidos como 'armónicos' son producto del variador cuando éste obtiene corriente de la red eléctrica. Los armónicos distorsionan el suministro de alimentación y pueden tener efectos adversos sobre los equipos que utilizan el mismo suministro. Una manera de combatir esta distorsión consiste en reducir los efectos armónicos del suministro. Para ello es preciso duplicar el número de veces que se obtiene corriente del suministro y, por lo tanto, también reducir la corriente obtenida por cada pulso. De este modo se "nivela" la corriente extraída y, con ello, el contenido armónico de la línea de suministro. Este método de gestión de la calidad de la alimentación eléctrica se conoce como control de 12 pulsos. El variador normal de seis pulsos consta de seis elementos rectificadores (dos por fase: uno para el medio ciclo positivo y otro para el medio ciclo negativo).

### **Termografía**

El siguiente análisis se basa en la realización de termografía a los equipos de las tres líneas de producción de Molinos Guanentá S.A.S.

En el diagnostico por termografía se encontraron temperaturas superiores a 60°C, debido tanto a fallas mecánicas como eléctricas, tales como desalineamiento, lubricación incorrecta o contaminada, sobrecarga de materia prima, baja resistencia del cableado con respecto a la carga de operación de los tableros, ocasionando que los demás cables se calienten por la agrupación de estos.

Estas fallas ocasionan daños en motores, rodamiento, bandas transmisión, cableado y accesorios eléctricos.

En la figura 5 se puede observar el motor primario del molino y su respectiva termografía, en él se encontró calentamiento en el rodamiento, por la velocidad del motor y carga del material (maíz). En

el segundo punto (carcasa trituradora), la materia prima (maíz) ocasiona un recalentamiento debido a la sobrecarga del mismo.

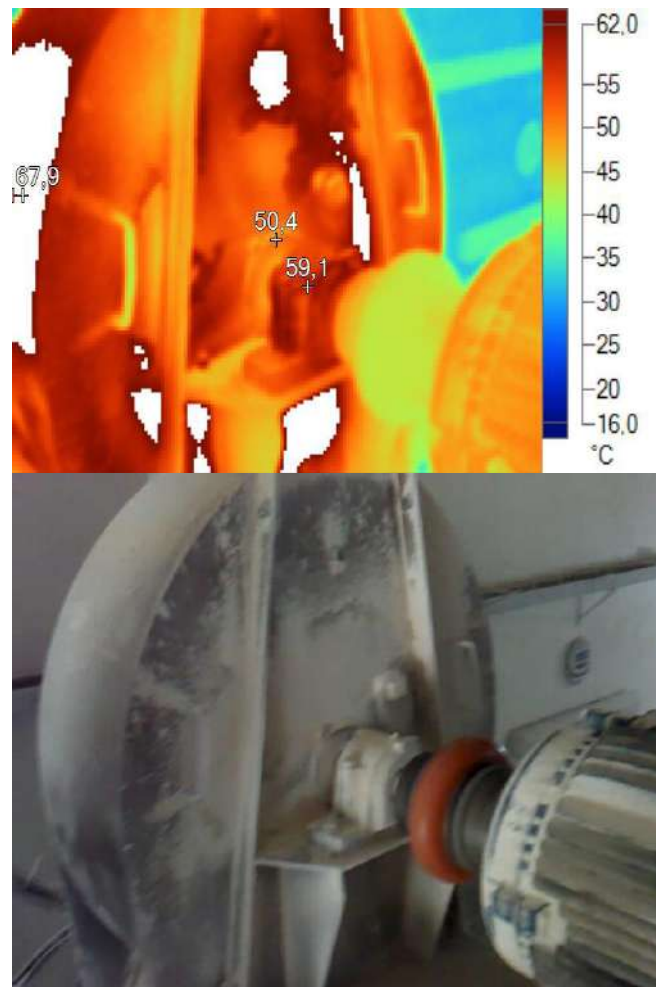


Figura 5: Motor primario.

Temperatura y emisividad motor primario. Tabla I

<b>Nombre</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Emisividad</b>
Punto central	50.4 °C	0.81
Caliente	67.7°C	0.81
Rodamiento	59.1°C	0.81
Carcasa	67.9°C	0.81

### **Vibraciones mecánicas**

Los resultados obtenidos del análisis de vibraciones realizado a los equipos que intervienen en los diferentes procesos de producción de la planta MOLINOS GUANENTÁ S.A.S se encontraron fallas tales como, soltura mecánica, operación a capacidad menor, fallas en rodamientos,

desbalanceo en rotores, altas temperaturas de trabajo, soldadura estructural, entre otros.

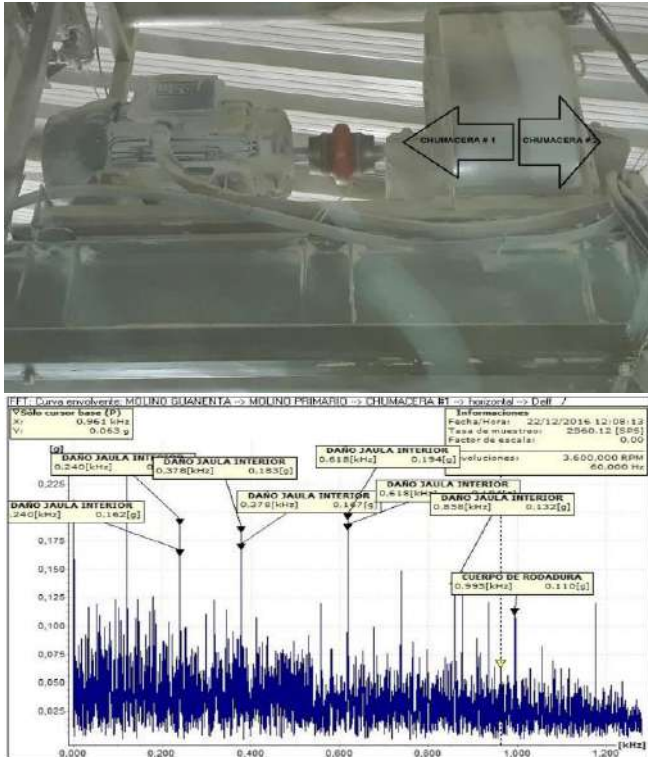


Figura 6. Espectro de frecuencia molino primario.

En la figura 6 se observa el espectro de frecuencia del molino primario, encontrándose fallas como:

- ✓ Pueden observarse daños en el rodamiento tales como deterioro en la jaula interior, jaula exterior y cuerpo de rodadura.
- ✓ Se tomaron diferentes medidas de temperaturas y se promedió una temperatura de 53°C la cual es una temperatura significativa.
- ✓ Desbalance.

### Diagnostico

Dado por finalizado el análisis de calidad de energía, termografía y vibraciones mecánicas, se procede a dar un diagnostico final.

La empresa Molinos Guanentá S.A.S en calidad de energía cumple en cuanto a tensión, corriente, energía. Factor de potencia (PF) y potencia con los estándares establecidos por las normas que rigen cada ítem estudiado a excepción de los armónicos encontrados en corriente, puesto que superan

visiblemente los límites establecidos por la norma IEEE 519 (como valor máximo 7%), esto puede deberse a los variadores de 6 pulsos que se encuentra en la empresa, los cuales para reducir los armónicos en corriente sería necesario cambiarlos por variadores de 12 pulsos.

Mediante el análisis termográfico se encontró que la mayoría de las temperaturas obtenidas de los diferentes motores corresponden al normal funcionamiento de cada uno; cabe resaltar que en la mezcladora se encontraron temperaturas entre los 30° C y los 44°C, los cuales no son confiables debido a que este motor se encuentra cubierto por material particulado (harina); este material puede llegar a obstaculizar la temperatura real o puede ser por problemas de bobinado. Por otro lado, se encontraron temperaturas altas en los arrancadores debido al bajo calibre del cable con respecto a la carga de operación del tablero y borneras sueltas.

En cuanto a las vibraciones mecánicas se recomienda mejorar el anclaje de las maquinas revisadas, pues presentan niveles altos de vibraciones estructurales; de igual manera recomiendan revisar las correas, transmisiones y piñones que presentan desgaste.

### Conclusiones

- Los niveles de tensión obtenidos en el estudio de calidades eléctricas se encuentran dentro de los límites admisibles establecidos por la norma NTC-IEC 61000-4-30 los cuales indican que deben permanecer entre los 126v y 220v como medida máxima.
- Se presentaron varios picos en corriente causados por los arranques directos en algunas máquinas.
- En general, parámetros eléctricos tales como niveles de corriente, presencia de armónicos, magnitudes de potencias y frecuencias, son aceptables en condiciones normales según el análisis realizado a MOLINOS GUANENTÁ S.A.S.
- El material particulado es un agente de sobrecalentamiento en los motores eléctricos dado que este obstruye los disipadores de calor lo que

genera sobrecalentamiento en los diferentes equipos de la línea de producción.

- En muchas de las conexiones de las cajas eléctricas y de control uno de los principales factores de calentamiento es el uso de calibres de cable menores a los recomendados para la carga a la que son utilizados; también se presentan borneras sueltas las cuales recalientan los instrumentos de control eléctrico.
- La sobre carga de materia prima (maíz) está generando un sobrecalentamiento prematuro en lo que corresponde con la jordana laboral diaria.
- En algunos equipos el lubricante (grasa) se ve afectado por el material particulado generando que este pierda su función de refrigerar, proteger y se vuelva nocivo.
- Se encontró una relación de termografía, calidad eléctrica y vibraciones particularmente en la mezcladora que encierran la alta temperatura, los diferentes picos en corriente a la hora de encenderse y el exceso de vibración ocasionados por desalineamiento y soltura.

## **Bibliografía**

- [1] Carnero, M. (2012). Programas de mantenimiento predictivo.
- [2] Energiza, (2008). Análisis de vibraciones: Una tecnología clave del mantenimiento predictivo. Revista RENOVETEC, volumen 19, Mantenimiento de plantas.
- [3] Gamarra, J. (4 de agosto 2013). Libro Técnicas de mantenimiento industrial.
- [4] ICONTEC. (2012). NTC-IEC 61000-4-30. Técnicas de ensayo y de medida. Métodos de medida de la calidad de potencia., (571).
- [5] IEEE 1159. Recomendaciones prácticas para el análisis de la Calidad de la energía eléctrica (1995). Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:No+Title#0>
- [6] IEEE 519. (1992). Recomendaciones Prácticas y Requerimientos de la IEEE para el Control de Armónicos en Sistemas Eléctricos de Potencia. Retrieved from <http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca//1/>

349/352/Control\_de\_Armonicos\_IEEE\_519-1992\_en\_Español.pdf

- [7] Labaien, E, & Carrasco, G. (Noviembre 2009). Mantenimiento Predictivo. San Sebastián, España.
- [8] Lanza, M. (Agosto 2007). Seguridad y mantenimiento predictivo. Seguridad, volumen 5. Argentina.
- [9] Nieto, S. (27 Mayo 2009). Mantenimiento Industrial. Recuperado de: <http://mantenimientosindustriales2009.blogspot.com.co/2009/05/historia-del-mantenimiento.html>

### **María Juliana Sanabria Muñoz**

Ingeniera Mecánica, M.Sc en Sistemas Energeticos Avanzados. Docente investigadora del programa en Ingeniería de Mantenimiento y Coordinadora de Ciencias Básicas de UNISANGIL. Número de celular. 320 812 9327, Residencia: Granja el Cucharó, Pinchote, Santander, Colombia, Email: [msanabria@unisangil.edu.co](mailto:msanabria@unisangil.edu.co)

### **Yurley Daniella Gómez Zafra**

Ingeniera de Mantenimiento, UNISANGIL. Número de celular. 313 240 8428, Residencia: Carrera 9 No. 19-30, San Gil, Santander, Colombia, Email: [yurleygomez@unisangil.edu.co](mailto:yurleygomez@unisangil.edu.co)

### **José Sebastián Pinto Moreno**

Ingeniero de Mantenimiento, UNISANGIL. Número de celular. 318 641 5702, Residencia: Calle 26 No. 17-08 barrio Santander, San Gil, Santander, Colombia, Email: [josepinto1@unisangil.edu.co](mailto:josepinto1@unisangil.edu.co)