

EL IMPACTO ECONÓMICO DE LA CALIDAD DE POTENCIA EN INDUSTRIAS Y SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN.

Pessano, Gabriel 1; Membrives, Javier1; Goñi, Ariel 1; Boccaccini, Luis1; Malano, Agustín1; Camileti, Vicente1

¹ *Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Rafael.
Urquiza 314, San Rafael. Mendoza CP: 5600.
gpessano@frsr.utn.edu.ar*

RESUMEN.

Los logros obtenidos con la incorporación de electrónica en la industria aumentaron el control, la velocidad y la complejidad de las tareas realizadas. Conjunto al avance de la tecnología, la economía mundial ha evolucionado y los márgenes de beneficio de muchas actividades tienden a disminuir. Lo que convierte a la disponibilidad de energía eléctrica con calidad un factor crucial para la competitividad en todos los sectores de actividad donde las áreas más críticas son la industria de proceso continuo y los servicios de tecnología de la información.

La Calidad de Potencia podría definirse como la ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje suministrado al usuario; es decir la calidad de potencia se utiliza para describir la variación de la tensión, corriente y frecuencia en el sistema eléctrico y como éstos parámetros fundamentales inciden en la interacción con los distintos componentes que se conectan a ella. Este trabajo pretende realizar aportes en el estudio, comprensión y aplicación de los fenómenos de Calidad de Potencia, de cara a mejorar la valoración de la calidad del suministro eléctrico y el impacto económico de la NO CALIDAD en el desarrollo Industrial. Hasta ahora, esta calidad en el suministro ha sido valorada teniendo en cuenta las interrupciones, los armónicos en tensión, las variaciones lentas en tensión, el flicker, y los huecos de tensión. Repensando el problema holísticamente buscamos identificar el Impacto Económico conjunto de éstos fenómenos en la industria.

Palabras Claves: Calidad de potencia, Disturbios, Economía, Eventos, Mitigación.

1. INTRODUCCION

El análisis de CALIDAD DE POTENCIA, plantea identificar todas aquellas anomalías que alteran los parámetros eléctricos, en redes de determinadas industrias de la zona (fundamentalmente todas aquellas con producción en lotes y automatizadas - electrónica de potencia).

La calidad del producto, energía eléctrica, se ha convertido en un factor determinante para el desarrollo sustentable de los sectores industriales y de servicios, debido al significativo aumento de la sensibilidad de los equipos asociados a sus procesos. Las carencias en ésta calidad generan un creciente número de problemas, que se traducen en pérdidas económicas significativas a los propietarios de bienes de producción. Esto implica un aumento de los costos operacionales y por ende en una pérdida de competitividad para el país.

Dentro de los disturbios de la calidad del producto energía eléctrica, los huecos de tensión son la principal causa de fallas en procesos industriales y empresas que brindan servicios en tecnología de la información. La mayoría de las empresas que sufren los efectos de los huecos de tensión, desconocen las causas de los problemas en sus líneas de producción por el desconocimiento en el tema y por la ausencia de registradores de disturbios en sus redes.

La evolución de la consideración de las perturbaciones ha tenido como gestor importante el punto de vista del consumidor, ya que muchos de estos consideraban los cortes como una deficiencia inherente al suministro eléctrico. En consecuencia a los progresos presentados, el número de cortes ha decrecido considerablemente, y el consumidor a redirigido sus demandas hacia otros tipos de perturbaciones, aunque en comparación sus efectos sean menores. Tales perturbaciones, entre otras, son hoy por hoy los huecos de tensión, tanto por su frecuencia con la que se presenta en la red eléctrica como por los efectos que produce en los usuarios finales que va desde el mal funcionamiento de algunos equipos hasta la parada total de procesos productivos. Estos descensos de tensión quedan bien caracterizados a partir de su tiempo de duración, su profundidad, el salto del ángulo de fase y el número de fases que descienden; así mismo los fenómenos asociados a la presencia de componentes armónicas en las instalaciones y redes son otra parte importante de los problemas asociados a la Calidad de Potencia.

El estudio de la calidad de la energía eléctrica, es el primer y más importante paso para identificar y solucionar problemas en los sistemas de potencia. Los problemas eléctricos pueden dañar el comportamiento del equipo y reducir su confiabilidad, disminuir la productividad y la rentabilidad e incluso puede poner en peligro la seguridad del personal si permanecen sin corregirse.

Este tipo de estudios para plantas industriales, empresas de energía y empresas privadas, incluyendo auditorías energéticas y revisiones mecánicas, térmicas y eléctricas, son conducentes a reducir los desperdicios de energía y administrar eficientemente los recursos energéticos.

Uno de los efectos más importantes que produce la pérdida de la calidad de la energía eléctrica es el mal funcionamiento o la avería de los equipos conectados a la red de distribución. Los equipos eléctricos y electrónicos, como las computadoras personales, autómatas programables, equipos de iluminación, equipos de electrónica de potencia, etc, pueden funcionar de forma incorrecta si la energía eléctrica suministrada se interrumpe solamente durante unas décimas de segundo o incluso centésimas de segundo. Este mal funcionamiento de los equipos puede originar problemas importantes en un entorno residencial o comercial, pero los efectos económicos que pueden producir en los procesos industriales la parada o la avería de los equipos pueden ser muy importantes.

1.1. Hipótesis

A continuación exponemos las hipótesis principales que se plantean en los problemas de Calidad de Energía:

Hipótesis Central:

1. A mayor cantidad de equipo contaminante (comportamiento no lineal) hay mayores pérdidas económicas en Industrias Susceptibles.

Hipótesis Específicas:

1. Los elementos más contaminantes son a la vez los más susceptibles a los problemas de CP.
2. Las industrias más tecnificadas son las más susceptibles a los problemas de CP y las que mayor contaminación aportan a la red de distribución.

A continuación se detallan las variables que se han definido para el análisis y validación de las hipótesis anteriores. Las variables independientes son: Tipo de Industria, Tipo de Usuarios, Equipamiento Eléctrico y la Sensibilidad de Equipos.

La variable dependiente a determinar y correlacionar es el COSTO, que es función de la Calidad de Potencia. Dentro de los costos debemos incluir, aquellos por pérdidas de producción, por reposición de equipamiento, por penalizaciones, por pérdida de material en los reinicios de procesos, etc.

2. PROBLEMAS DE LA FALTA DE CALIDAD DE POTENCIA.

Se ha encontrado que la mayoría de los problemas referidos a la Calidad de la Potencia Eléctrica están relacionados con problemas internos de las edificaciones y no con el suministro eléctrico como tal, así como que el 90% de los problemas en la Calidad de la Potencia Eléctrica ocurren dentro de las edificaciones; problemas de aterrizamiento y de circuitos, violación de normas y generación de disturbios en la energía eléctrica interna son ejemplos típicos. Por lo que se considera que en general, hay dos tipos básicos de problemas en la calidad de la energía:

1. Los que crean la interrupción de cargas eléctricas o de circuitos completos;
2. Los que causan la interacción del equipo eléctrico y el sistema de suministro eléctrico.

Estas perturbaciones pueden originarse por actividades dentro de los terrenos de la planta o en el sistema eléctrico de energía, fuera de dichos terrenos.

En materia de Calidad de Potencia Eléctrica los problemas que se presentan pueden ser divididos en: eventos de corta y larga duración. La industria de la computación ha desarrollado un modelo de clasificación standard para categorizar los eventos relacionados a la Energía Eléctrica de Calidad.

2.1. Parametros que se monitorean.

Los parámetros que se monitorean en un estudio o auditoría de CP (Calidad de Potencia o Energía recordando que están relacionadas por el tiempo), y los resultados que de ellos se obtienen podemos destacar los siguientes:

- Confiabilidad del servicio;
- Desviaciones de la frecuencia;
- Desviaciones y fluctuaciones de tensión:
 - Desviaciones de la tensión nominal o de trabajo;
 - Fluctuaciones rápidas de la tensión (flicker) ;
 - Modulaciones en la onda de tensión;
- Sobre tensiones;
- Distorsión de la onda de tensión y corriente;
- Asimetría de las tensiones trifásicas;

2.2. Costos de la no calidad de potencia.

Todas estas deformaciones acaban de una u otra manera derivando en pérdidas y caídas de tensión en instalaciones y sistemas eléctricos, que a su vez provocan un aumento de costos:

2.2.1. Costes visibles:

- Potencia contratada no adecuada.
- Tarifa eléctrica no adecuada.

- Puntas de demanda.
- Consumo de energía reactiva.
- Deterioro en los conductores, hilos de neutro y otros dispositivos.

2.2.2. Costes ocultos:

- Redimensionamiento de las instalaciones debido a la sobrecarga de las líneas y los transformadores.
- Parada de las instalaciones.
- Mal funcionamiento de equipos de control, procesos electrónicos, manipulación de datos, medición de magnitudes eléctricas, transmisión de señales.
- Costos extras en tareas de mantenimiento.

Mejorar los problemas identificados de Calidad de Potencia redundan en:

1. Ajuste de la factura electrónica al consumo eléctrico productivo.
2. Mejora de la productividad al tener menor número de averías y paradas.
3. AUMENTO DEL AHORRO ENERGÉTICO ELÉCTRICO.
4. Optimización de los Costos de Mantenimiento para las empresas distribuidoras.

3. OBJETIVOS

1. Obtener conocimientos teóricos-prácticos profundos en la problemática de la CALIDAD DE POTENCIA.
2. Elaborar y homologar los indicadores de calidad de energía de los procesos operativos.
3. Desarrollar las recomendaciones técnico-operativas y proponer alternativas; buscando incrementar de este modo la productividad de industrias y optimizar el funcionamiento de las redes eléctricas de baja tensión.
4. Generar una base de datos, para realizar un análisis estadístico del Impacto Económico, antes y después de las soluciones
5. Evaluar las exigencias relacionadas con la calidad de potencia dentro de las instalaciones del usuario (según tipo de Industria).

4. METODOLOGIA

Según los tipos de usuarios, la recolección de datos se realiza de diferentes formas.

Usuarios industriales y comerciales: toma de datos con equipos. Metodologías para localización (medición) con un solo punto de medición:

1. Cambios en los flujos instantáneos de potencia y energía. Aguas abajo y aguas arriba.
2. Ángulo de salto de fase y
3. Técnicas de inteligencia artificial

En lo que respecta a estructura de la recolección de datos, se van a considerar además:

- a. Tipos de Usuarios (Clasificación según la reglamentación vigente) – Normas EDEMSA
- b. Tipos de eventos registrados
- c. Tipos de cargas contaminantes por USUARIOS
- d. Tamaño de la Población (Dimensiones del Sistema de Distribución de Energía – Identificar Alimentadores)
- e. Identificar los equipos sensibles en la INDUSTRIA
- f. Equipo eléctrico: Relaciones entre ubicación y solicitud
- g. Relevamiento del Impacto Económico.

En Tabla 1 se presenta un ejemplo de planilla para el registro y seguimiento de casos bajo estudio, del costo asociado a las consecuencias de los Modos de Falla.

Tabla 1 Costos asociados a las consecuencias de los Modos de Falla acontecidos por CP

| CÁLCULO del COSTO ANUAL DE UN MODO DE FALLO, COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS | | | | | |
|---|---|--------------------|-------------------|-------------------|------------|
| Costo de Mantenimiento + costo de todas las CONSECUENCIAS sobre las Gananc. y Pérd.) | | | | | |
| 1 MODO DE FALLA: | | | | | |
| 1A4 | | tiempo | 10 min | | |
| 2 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | | | |
| | | cantidad | 2 | | |
| | | | 20 | | 0,33 |
| | Cálculo | Cantidad | Unidad | Cost/unid | COSTO |
| COSTO p. PREVENIR | | | | | |
| | | | | | \$ |
| 3 | Mano de Obra | hs.H/ | 0,33 hs.H | 59 | 20 |
| 4 | Equipo para hacer la prevención | | 0 horas | - | - |
| 5 | Tiempo de máquina parada | | 0,50 horas | - | - |
| 6 | Tiempo de proceso interrumpido | | 0 horas | - | - |
| 7 | Costo del tiempo de proceso perdido | tiempo x\$/unid. | 0 \$/h | - | - |
| 8 | Otros costos de la prevención | | \$ | - | - |
| 9 | Costo TOTAL de cada prevención | SUMA [3] a [8] | \$ | - | 20 |
| 10 | Frecuencia de la tarea preventiva | | 12 por año | | |
| 11 | Costo TOTAL anual de la tarea preventiva | [9] x [10] | por año | | 236 |
| COSTO DE LA REPARACIÓN ANTICIPADA | | | | | |
| 12 | Repuestos | | 0 unidades | - | - |
| 13 | Mano de Obra directa | hs.H | 0 hs | - | - |
| 14 | Otros costos directos de Mantenimiento | | | - | - |
| 15 | Tiempo de parada del equipo para el mant. | | 0 horas | - | - |
| 16 | Tiempo de proceso detenido | | 0 horas | - | - |
| 17 | Utilidades perdidas por proceso detenido | hours x \$/h | | - | - |
| 18 | Costo de M.deO. de producción ocioso | | hs.Homb | - | - |
| 19 | Costo adicional (horas extra, etc.) | hs extra, etc. | | - | - |
| 20 | Materiales perdidos o deteriorados por MF | | | - | - |
| 21 | Otros costos de Mantenim. ocasionados | | | - | - |
| 22 | COSTO TOTAL cada vez que se hace | SUMA de anter. | | - | - |
| 23 | Frecuencia de ocurrencia anual | MTBF | 0 veces/años | | |
| 24 | COSTO ANUAL de realizar la reparación | [22] x [23] | | - | - |
| | | | unidades | - | - |
| 25 | COSTO TOTAL PARA INSPECC.+REPAR. | [11] + [24] | | | 236 |
| COSTO DE REPARACIÓN (NO ANTICIP.) | | | | | |
| MODO DE FALLA | | | | | |
| 26 | Repuestos | | 0 unids. | - | - |
| 27 | Mano de Obra directa de Mantenimiento | mec-elec | 0,33 hs.H x \$ | 59 | 19 |
| 28 | Otros Costos directos de Mantenimiento | | | | 1 |
| 29 | SUB-TOTAL por MF | SUMA de ant. | \$ | | 20 |
| DAÑOS SECUNDARIOS (si los hay) | | | | | |
| 32 | Repuestos | | 0 | - | - |
| 33 | Mano de Obra directa de Mantenimiento | hs,H x \$/h | 0 | - | - |
| 34 | Otros costos directos de Mantenimiento | | | - | - |
| 35 | Sub-total para el daño secundario | SUMAd e ant. | | - | - |
| 36 | % Daño secundario/MF | | 100% | | |
| 37 | SUB-TOTAL.Daño secund. x % ocurrencia | [35] x [36] | | | - |
| COSTO DE LAS CONSEC. OPERAC. | | | | | |
| 38 | Tiempo de equipo detenido | | 0,50 horas | | |
| 39 | Tiempo de proceso detenido | | 0 horas | | |
| 40 | Utilidades perd. por interrup. de proceso | hs paradax\$/h | | - | - |
| 41 | Costo de M.deO. de prod.ociosa por el MF | hs.H x \$/h | 0,50 | 24 | 12 |
| 42 | Costo adicional para recup.(hs extra, etc.) | | | | |
| 43 | Cost de pérdidas de CALIDAD | | | | |
| 44 | Costo de pérdidas de SERVICIO | | | | - |
| 45 | Materiales perdidos por el MF | | | | - |
| Costos de Energía Eléctrica Adicionales | | | | | |
| 46 | Otros costos originados por el MF | | | | - |
| 47 | Costo Oper.Total (sum. al costo de repar.) | SUMA de anter. | \$/ocurr. | | 12 |
| 48 | COSTO TOTAL SI "NO ANTICIPADO" | [29]+[37]+[47] | \$/ocurr. | | 32 |
| 49 | COSTO TOTAL SI NO ANTICIPADO | [48]xfrec/año | \$/año | | 16 |
| COMPARE línea [25] con línea [49] | | | | | |
| La diferencia es el beneficio adicional | | \$/año 220 | a favor de | CORRECTIVO | |

En general puede afirmarse que el costo de la Calidad de Potencia se reparte entre la compañía distribuidora y el usuario. No obstante quien finalmente paga el costo de la Calidad de Potencia es el usuario, ya que a su porción del costo se le debe sumar la correspondiente a la empresa que recae en el usuario a través de la tarifa. El usuario, en caso de conocer qué tipo de problema lo está afectando, puede especificarle al fabricante del equipo eléctrico la inmunidad deseada frente al problema identificado. Obviamente que el fabricante cargará al usuario el costo extra del equipo, requerido para aumentar la inmunidad, recayendo sobre el usuario similarmente a lo ocurrido en el caso de la empresa eléctrica. Por lo expuesto, es fundamental poder responder a la siguiente pregunta, ¿Cuánta es la calidad de potencia que el usuario finalmente necesita?. Finalmente ésta es la pregunta que buscamos responder con el objetivo planteado.

Algunos autores responden a la pregunta anterior con la siguiente frase: "lo que el usuario está dispuesto a pagar". Como los requerimientos son diferentes, los usuarios están dispuestos a pagar diferentes montos y ningún usuario desea hacerse cargo del costo de aquel otro usuario que posee más requerimientos. Por esto es que se recurre a fijar valores medios de calidad que satisface a la gran mayoría de los usuarios promedio. Si alguno requiere más, deberá pagar por ello. Es por esto que los usuarios con mayores requerimientos, deben alcanzar una solución de compromiso entre sus costos (en este caso pérdidas) originados en la CE que recibe desde la distribuidora en su punto de conexión y el costo de adquisición, operación y reposición del equipo mitigador del defecto de la CE que recibe. Esta solución se alcanza luego de realizar un estudio económico donde deben considerarse los factores que se analizan a continuación:

Un factor muy importante que enrarece el estudio, es que varios de los fenómenos de CE (microcortes y huecos de tensión) se encuentran ausentes en la reglamentación del País, lo que normalmente no ocurre con los cortes, por lo que al no explicitarse obviamente no hay sanciones para la distribuidora ni para el usuario. Por esto es que para éstas excepciones, el equilibrio se debe alcanzar "naturalmente", o sea sin la existencia de sanciones, donde se tropieza con el inconveniente que las consecuencias de éstos eventos son mucho más onerosas para el usuario que la empresa. Esta última al no ser penalizada solo pierde por la energía que dejó de vender, por lo que no tiene incentivo alguno a reducir ni el número ni el efecto de los eventos asociados.

El costo involucrado posee dos aspectos bien diferenciados, según se trate de interrupciones por un lado y huecos o microcortes por el otro. El efecto sobre el usuario se relaciona con Energía No Suministrada (ENS) por una parte y Energía Suministrada con Calidad Pobre (ESP) o en malas condiciones por la otra. En el caso de las interrupciones, frecuentemente se comete el error de considerar como único costo de la empresa distribuidora la ENS, olvidando numerosos factores que impactan en costos, tales como la efectividad del mantenimiento, la supervisión continua, la revisión y el seguimiento de la vida útil remanente. En nuestro país, hasta el momento el costo de la multa a aplicar a la empresa eléctrica es solo función de la energía no suministrada.

5. CASO EJEMPLO DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE VARIABLES ELÉCTRICAS EN PLANTA DE EXTRUSION DE PLASTICOS

5.1.1. Tareas Realizadas

Se midieron y analizaron los siguientes parámetros.

- a. Armónicos en Tensión y Corriente.
- b. Interarmónicos.
- c. Variaciones rápidas de voltaje (SAGs y SWELLS).
- d. Variaciones lentas de voltaje (sobretensiones y subtensiones).

5.1.2. Lugares en los que se realizaron las mediciones

Las mediciones se realizaron para todas las condiciones de operación de una máquina (puesta en servicio, funcionamiento normal, fuera de servicio). Se realizaron mediciones en tres puntos de la maquina según el detalle siguiente:

- Tablero principal de alimentación máquina.
- Tablero resistencias, próximo al tablero principal.
- Tablero General de la planta.

El esquema eléctrico se presenta en Figura 1.

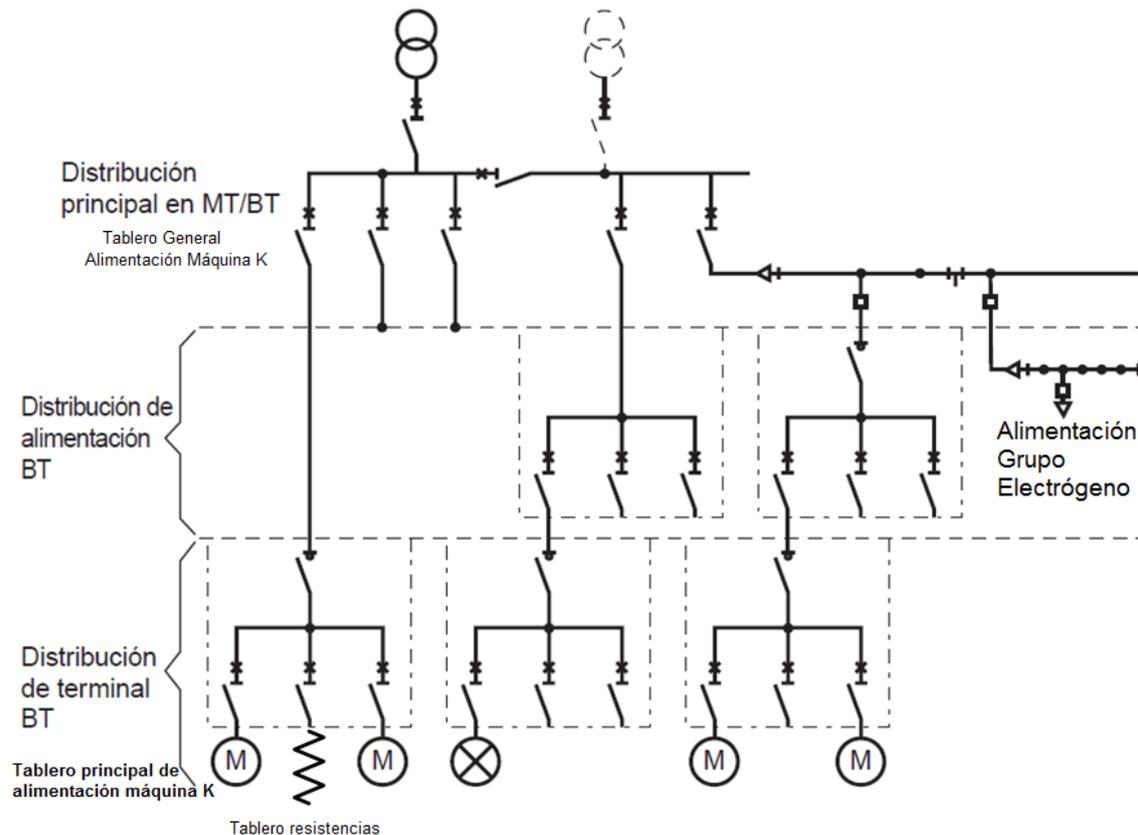


Figura 1 Esquema eléctrico de los tableros donde se realizaron las mediciones.

5.1.3. Características Generales de la Instalación

La instalación eléctrica se encuentra realizada según normas vigentes, y de acuerdo a las reglas del buen arte. En el tablero general y en la máquina en estudio los circuitos están correctamente identificados. El tipo de protecciones colocadas son las correctas al igual que su dimensionamiento.

Las secciones de conductores en cuanto a densidad de corriente están de acuerdo a la máxima carga de trabajo.

Los valores del contenido de armónicos en los tableros en que se realizaron las mediciones se encuentran dentro de los límites recomendados (ver Tabla 2).

Tabla 2 Niveles de Referencia para armónicos en tensión según Normas IEC 61000-3-2

| Orden de la armónica | Clase 2 (Redes públicas e Industriales) - % de la Fundamental $(V_h/V_n)*100$ |
|----------------------|---|
| 2° | 2 |
| 3° | 5 |
| 4° | 1 |
| 5° | 6 |
| 6° | 0,5 |
| 7° | 5 |
| 8° | 0,5 |
| 9° | 1,5 |
| 10° | 0,5 |
| 11° | 3,5 |
| 12° | 0,2 |
| 13° | 3 |
| TDHVRSS | 8% |

El nivel de referencia se define como el nivel de perturbación en el punto de acoplamiento común que asegura que si no es sobrepasado en forma sostenida, indica que la calidad de la energía es

adecuada y existe compatibilidad electromagnética satisfactoria entre las instalaciones y la red de suministro.

Los valores de tensión entre el conductor de puesta a tierra y el neutro de la instalación se encuentran dentro del rango de valores normales. Esto indica una buena equipotencialidad entre los tableros de la máquina.

En el relevamiento inicial se observaron canalizaciones que llevan conductores de potencia, señales débiles y buses de comunicación. Esto puede ser un potencial problema de Compatibilidad Electromagnética (CEM); ésta última se ve alterada por la presencia de campos electromagnéticos generados por las corrientes que circulan en los conductores de potencia; estos campos inducen señales perturbadoras sobre los cables de señalización y comunicación.

No se han registrado cortes de ningún tipo en la alimentación general a la planta, por lo que podemos concluir que no se han registrado cortes de alimentación en la red de MT.

5.1.4. Casos particulares

5.1.4.1. Tablero principal de alimentación. Registro de variables eléctricas.

Tensiones

En Figura 2 observamos que en el período registrado no se observan variaciones lentas de tensión. Los valores registrados se encuentran dentro de los límites estipulados por las normas.

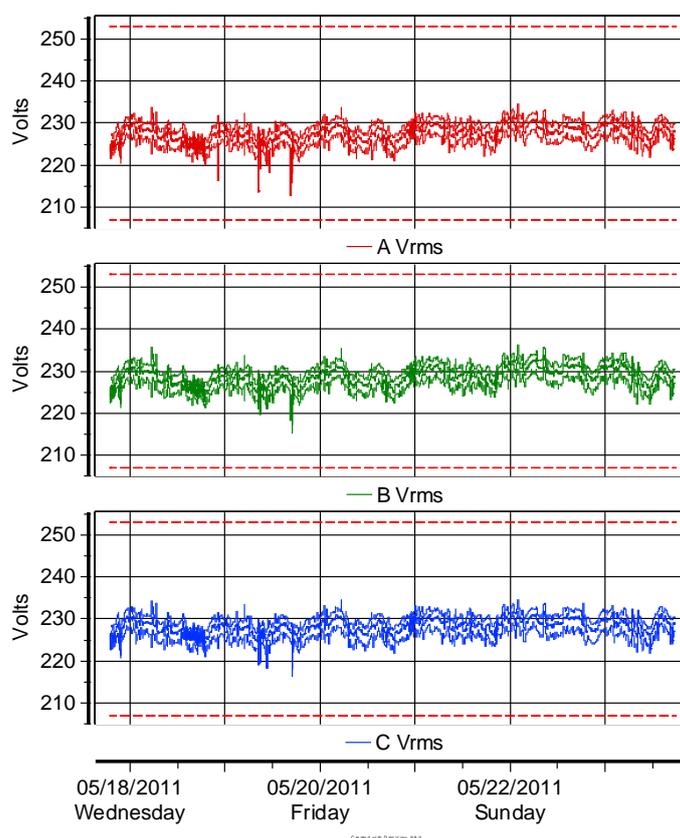


Figura 2 Mediciones de Tensión realizados entre el 18/5/2011 y el 22/5/2011

Según los datos precedentes vemos que no se han registrado variaciones rápidas de tensión (sags y swells).

Observamos, de figura 3, que el TDHVRSS (Tasa de Distorsión Armónica en Tensión Eficaz) no supera los valores máximo establecidos por Normas (8%).

Si bien el registro de armónicos en corriente es elevado, aclaramos que ésto no es un problema de calidad de energía (CP) para la planta, dado que las secciones de conductores de fase y neutro de las instalaciones son las adecuadas.

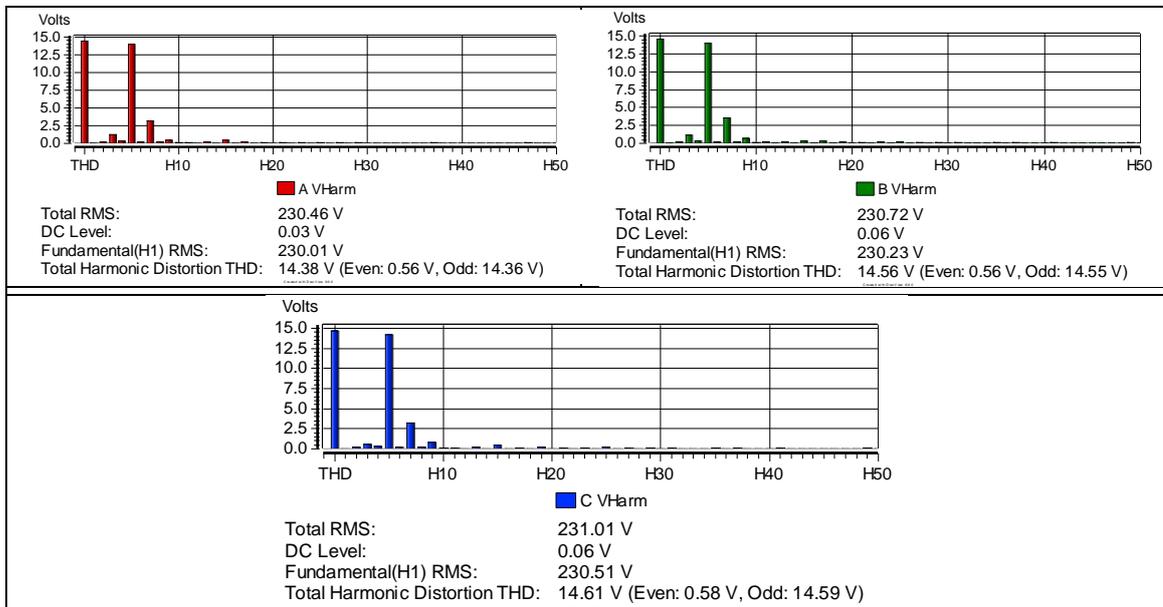


Figura 3 Mediciones de Tasa de Distorsión Armónica en Tensión Eficaz

Debemos tener presente que la constitución de la máquina por sí misma es del tipo alineal (Controles Electrónicos – PWM).

5.1.4.2. Tablero resistencias. Registro de variables eléctricas.

Tensiones

En figura 4 se presentan las mediciones de tensión en el tablero de resistencias de la extrusora el día 31/5/2011 con una perturbación detectada, la cual se analiza a continuación.

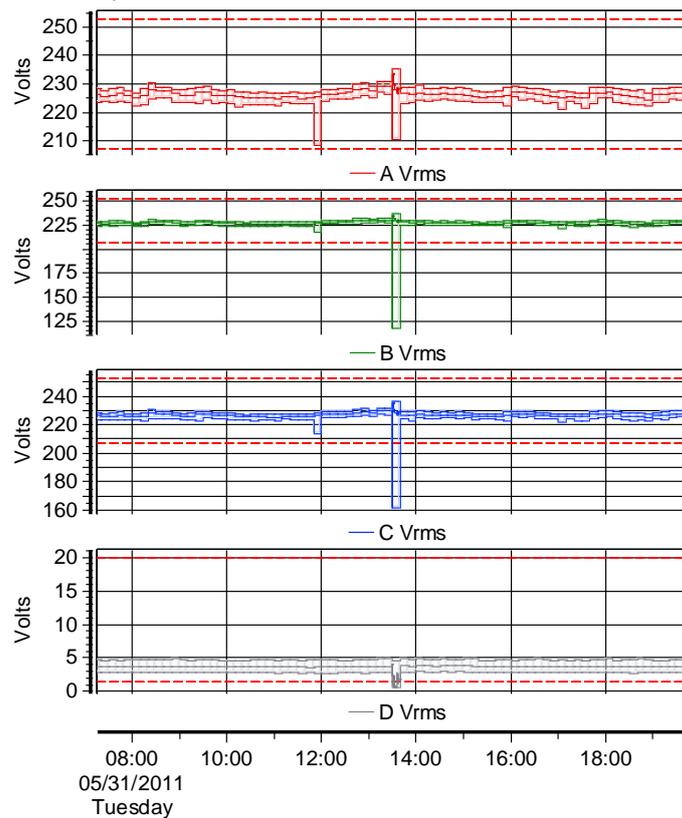


Figura 4 Mediciones de Tensión realizados el 31/5/2011 desde las 7:17 hasta las 19:53

Perturbación Detectada con Potencial de Falla en Equipos:

Hueco de Tensión; evento del día 31/05 a las 13:30 horas.

Los variadores de velocidad pueden resultar dañados en caso de presentarse huecos de tensión, sufriendo los mismos elevadas sobre corrientes que son acompañadas por oscilaciones de cupla en el motor. La configuración típica de este dispositivo es la que se observa en la figura 5, incluyendo tres etapas, la primera de ellas es el puente trifásico rectificador, que puede ser controlado o no, poseyendo o no la posibilidad de actuar como inversor realizando tareas

regenerativas o de ahorro de energía. La segunda etapa posee capacitores e inductores a fin de obtener un bus de CC filtrada y de bajo ripple. La última etapa es la correspondiente al inversor que convierte la tensión continua nuevamente en alternada con frecuencia y amplitud variable. La susceptibilidad de éstas etapas frente a los huecos de tensión aumenta si se encuentran trabajando como inversores regenerativos.

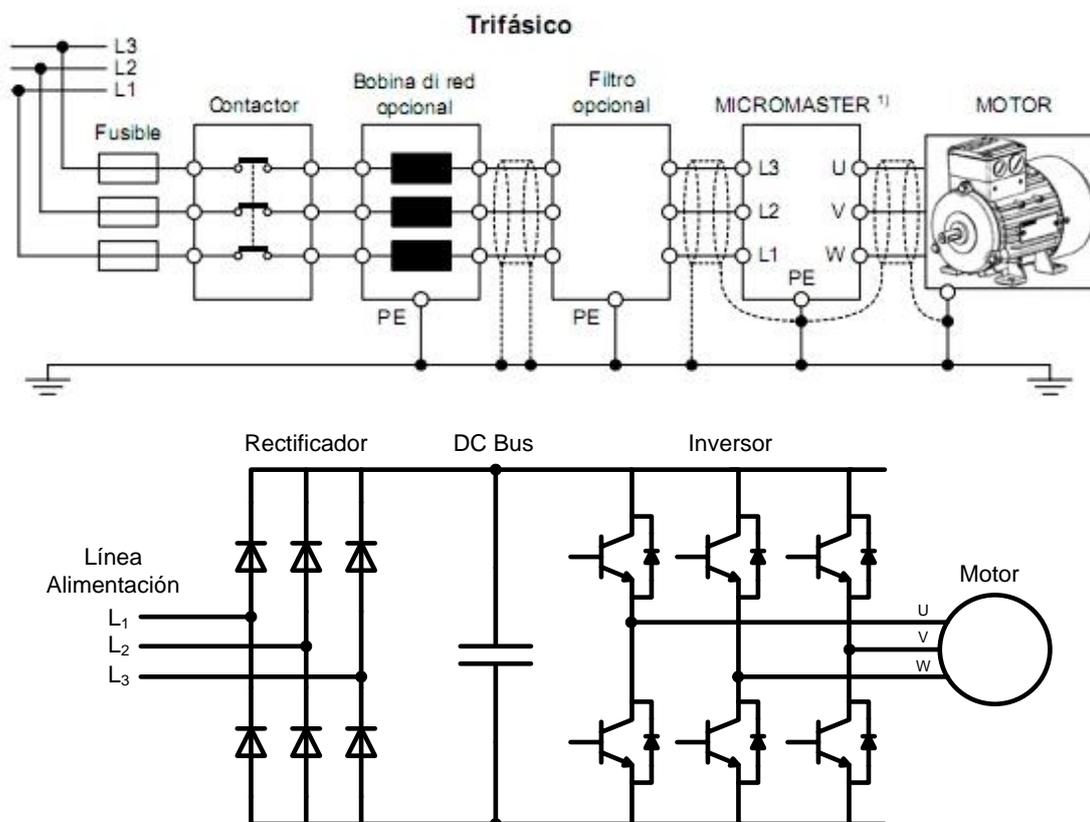


Figura 5 Esquema de un variador de velocidad y las distintas etapas eléctricas asociadas.

En el caso de huecos de tensión el rectificador deja de conducir corriente hasta que la tensión sobre el capacitor sea inferior a la de alimentación. El capacitor entrega la energía a la carga siendo evacuada en unos pocos ciclos frente a los cual el motor reduce su velocidad en función de su carga mecánica. Algo de tensión residual es mantenida en los bornes del motor, por almacenamiento magnético, de manera que en el momento en que la tensión recupera su valor normal pueden aparecer sobrecorrientes de hasta 10 veces la corriente nominal. En ese momento la tensión del variador y del motor ya no están sincronizadas ya que puede ocurrir que el variador mantenga la sincronización previa a la perturbación (hueco de tensión – ver gráfico del evento del día 31/05). Esto puede provocar el disparo incorrecto de la etapa de potencia del variador provocando daños en la misma. Si bien la perturbación se ha registrado en la medición del gabinete de resistencias, la misma afecta a toda la instalación, debido a que la tensión de alimentación es común a toda la máquina.

Origen de la perturbación detectada.

Podemos inferir que el hueco de tensión ha sido ocasionado por una falla monofásica temporal autoeliminativa en el alimentador de MT. Esta falla se refleja en BT, como un hueco de tensión (100 ms) en dos de las fases del sistema de alimentación a la planta. La afectación en dos fases en BT es consecuencia del grupo de conexión de los transformadores de potencia de la planta.

Las fallas temporales son aquellas cuya causa es transitoria por naturaleza y se pueden clasificar en:

- Autoeliminativas: Desaparecen espontáneamente en tiempos generalmente muy breves y no provocan el funcionamiento de los relés de protección.
- Fugitivas: Son aquellas que necesitan, para desaparecer, de una apertura breve del interruptor. Estas fallas pueden ser eliminadas mediante un recierre rápido.
- Semipermanentes: Necesitan para desaparecer de una apertura larga del interruptor. Estas fallas pueden ser eliminadas mediante un recierre lento.

5.1.5 Recomendaciones

Si bien los huecos y cortes de tensión tienen un carácter fundamentalmente aleatorio, siendo poco posible su reducción o eliminación total con dispositivos de bajo costo, existen soluciones técnicas para la mitigación de estas perturbaciones que consiste en la implementación de una BLI (Barra Libre de Interrupción) alimentada a través de una UPS de potencia del tipo on-line doble conversión.

6. CONCLUSIONES

Tal como la economía digital está redefiniendo las operaciones de los negocios, está sentando nuevos estándares y parámetros para la confiabilidad y calidad de los sistemas eléctricos de alimentación. Las interrupciones – no deseadas para cualquier negocio – son catastróficas para los centros de telecomunicaciones, donde incluso la interrupción más pequeña o cualquier evento asociado a la calidad de energía, puede causar fallas en los equipos, pérdidas de datos y pérdidas en ingresos. Esto es especialmente cierto para los centros de telecomunicaciones, donde las comunicaciones y la conectividad son elementos esenciales en nuestra vida diaria.

Más allá de sus diferencias, las industrias de procesos continuos comparten características subyacentes: mantienen operaciones continuas que representan sustanciales costos de arranque y prolongados tiempos que pueden ser interrumpidos o perturbados por fluctuaciones aparentemente menores en calidad de energía. Si el producto continuo se interrumpe, la pérdida de producción puede acarrear grandes pérdidas financieras. Por ejemplo, un hueco de tensión en una fábrica de papel, puede significar un día completo de producción y causar una pérdida de U\$S 250.000, mientras que una interrupción de 5 ciclos en una fábrica de vidrios puede costar un mínimo de U\$S 200.000. Se estima que un 3% de todas las ventas en dólares en EEUU se gastan en problemas asociados a la Calidad de Energía. El 75% de todos los problemas de CE se producen en el interior de las instalaciones del cliente, lo que requiere de la intervención de especialistas para el diagnóstico y solución de éstos problemas.

Desafortunadamente, estos porcentajes solo se incrementarán tanto como las cargas se vuelvan más sensibles a los eventos de CE y las compañías de energía más descentralizadas. Para quienes actúan con éstos inconvenientes, gestionar y entender la infraestructura de los sistemas de potencia es esencial para asegurar la confiabilidad de la producción, optimizar el funcionamiento de los equipos y controlar la escalada de los costos por energía. El monitoreo continuo puede detectar potenciales deterioros asociados a la CE, antes de que los problemas ocurran.

A continuación en tabla 3 se ejemplifica la pérdida económica por evento en estudios realizados en Estados Unidos.

Tabla 3 *Pérdidas económicas por evento Fuente: Copper Development Association*

| <u>Industry</u> | <u>Typical Loss</u> |
|----------------------------|-----------------------|
| Financial | \$6,000,000/event |
| Semi-conductor mfg. | \$3,800,000/event |
| Computer operations | \$750,000/event |
| Telecommunications | \$30,000/minute |
| Data processing | \$10,000/minute |
| Steel/heavy mfg. | \$300,000/event |
| Plastics | \$10,000-15,000/event |
| | |

7. REFERENCIAS

- [1]. Gómez Targarona, Juan Carlos. (2005). "Calidad de Potencia para usuarios y empresas eléctricas". Buenos Aires. 1ª edición. Edigar. Buenos Aires.
- [2]. Dranetz-BMI. (1991). "The Dranetz-BMI Handbook for Power Quality Analysis". Edison, NJ, EE.UU.
- [3]. *Westinghouse Electric Corporation. (1950). "Electrical Transmission and Distribution Reference Book", Pittsburgh, Pa., USA.*
- [4]. Ley N° 24.065 de ENERGIA ELECTRICA, 19 de Diciembre, 1992.
- [5]. Electrical Transmission and Distribution Reference Book, Westinghouse Electric Corporation, Pittsburgh, Pa., USA, 1950.
- [6]. Decreto N° 1398/92 reglamentario de la Ley 24.065, 6 de Agosto de 1992.
- [7]. Resolución ENRE 14/1993, Calidad de Servicio, Base Metodológica para el Control del Producto Técnico, Boletín Oficial N° 27.674, Julio 6, 1973.
- [8]. Resolución ENRE 25/1993, Calidad de Servicio, Base Metodológica para el Control del Producto Técnico, Boletín Oficial N° 27.717, Septiembre 7, 1993.
- [9]. Resolución ENRE 99/1997, Base Metodológica para el Control de la Emisión de Perturbaciones Producto Técnico - Etapa 2, Boletín Oficial N° 28.583, Febrero 11, 1997.
- [10]. Resolución ENRE N° 184/2000, Base Metodológica para el Control de la Calidad del Producto Técnico, Etapa 2, Boletín Oficial N° 29.373, Abril 5, 2000.
- [11]. IEC publication 868, Flickermeter: Functional and design specifications, 1986.
- [12]. IEC publication 61000-4-7, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-7: Testing and Measurements techniques - General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto, 2002.
- [13]. IEC publication 61000-1-1, Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 1: General - Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms, 1992.
- [14]. IEEE Standard 1250, IEEE guide for Service to Equipment Sensitive to Momentary Voltage Disturbances, 1995.
- [15]. IEEE Standard 1346, IEEE Recommended Practice for Evaluating Electric Power System Compatibility with Electronic process equipment, 1998.