

APLICACIÓN DE MÉTODOS LEAN EN EL DESARROLLO DE
UN PROYECTO ELÉCTRICO ENFOCADO A LA
AUTOMATIZACIÓN DE UN MOLINO DE CEMENTO

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

Estudios con reconocimiento de Validez Oficial por Decreto Presidencial
del 3 de Abril de 1981



“APLICACIÓN DE MÉTODOS LEAN EN EL DESARROLLO DE
UN PROYECTO ELÉCTRICO ENFOCADO A LA
AUTOMATIZACIÓN DE UN MOLINO DE CEMENTO”.

TESIS

Que para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA DE CALIDAD

Presenta

EDWIN DANIEL PEREZ BARCENAS

Director de Tesis: **Dr. Primitivo Reyes Aguilar**

Lectores: **Mtro. Jorge Francisco Mejía Coba**

Mtro. Eduardo Arias Báez

México, D.F.

2014

Director de Tesis
Dr. Primitivo Reyes Aguilar

Lector
Mtro. Jorge Francisco Mejía Coba

Lector
Mtro. Eduardo Arias Báez

Dedicatoria y agradecimientos

A mi esposa Nery y mis hijos Pablo Gael y María Allison, les agradezco el tiempo que estuve ocupado estudiando la maestría, aunado a la gran presión de mi trabajo y mis viajes. Esta tesis se las dedico con todo mi corazón, así como mi esfuerzo por ser cada día mejor para ustedes.

Estudí fuerte para obtener mi título de maestría, y lo más importante, para contarles la historia del proyecto más complejo en el que participé. La introducción de la tecnología más innovadora en el diseño y la construcción del primer prototipo en el mundo de un Molino de Cemento Vertical de Rodillos. Esta tesis narra el proceso anteriormente y fue instalado a principios de 2012 en el Istmo de Tehuantepec, específicamente en Lagunas-Oaxaca. Estuve a cargo del desarrollo de la ingeniería del sistema eléctrico y la automatización hasta 2013, así como de la jefatura de la obra eléctrica y dando apoyo a los colegas alemanes en la puesta en marcha.

Pablo y Allison, aún son pequeños y espero que lean mi tesis cuando sean grandes y sepan por qué papá no estuvo presente durante un año de su vida, los amo.

Nerita agradezco tu apoyo y tu soporte emocional para que yo me supere cada día más, te amo.

A mis papás por todo su amor, durante mi ausencia para la realización de este Molino de Cemento. Gracias, los quiero con todo mi corazón y que dios los bendiga siempre.

A mi suegros Nery Argüello Ruiz y Rene Muñoz, por su apoyo durante mis estudios y que Dios siempre los cuide, gracias.

Silvia, gracias por tu apoyo, siempre viviré agradecido por tu ayuda y por tu disposición para ayudarme, contarás siempre con mi más sincera gratitud y amistad.

Un agradecimiento a todos los buenos colegas de la Thyssenkrupp que siempre me apoyaron y que creyeron en mí.

Dr. Reyes le agradezco su apoyo y paciencia para que realizara esta tesis, y sus valiosos comentarios y observaciones, Quiero agradecer también el apoyo de los Maestros Jorge Mejía y Maestro Arias por el apoyo para la contribución del enriquecimiento de este trabajo.

A la coordinación de la maestría y a todos los doctores y maestros que me enriquecieron para desempeñar mejor mi trabajo.

Contenido

Introducción	4
Antecedentes	4
Justificación.....	5
Objetivos	8
Planteamiento del problema.....	9
Capítulo 1. La Industria del Cemento.....	11
Introducción.....	11
1.1 Antecedentes de la industria del cemento	12
1.2 Demanda de cemento en México	14
1.3 Procesos de una planta de cemento	18
1.4 Industria de procesos para la producción de cemento.....	23
1.5 Automatización de una industria de procesos	25
1.6 El nuevo enfoque de la automatización	27
1.7 Herramientas de la automatización en proyectos	31
1.8 Proyecto llave en mano para la industria cementera	33
Conclusiones.....	35
Capítulo 2. Metodología de trabajo para el desarrollo de la ingeniería eléctrica de un Molino de Cemento Vertical	37
Introducción.....	37
2.1 Comparación de un Molino de Cemento Vertical vs Molino de Bolas Horizontal	39
2.2 Implantación de Métodos de Mejora Continua en proyectos llave en mano de Molinos de Cemento Verticales y de los procesos de ingeniería	41
2.3 Organigrama del equipo de trabajo para el diseño eléctrico y automatización de un proyecto llave en mano para un Molino de Cemento Vertical	43
2.4 Definición del alcance eléctrico para un Molino Vertical.	47
2.5 Estructura de identificación de los equipos electromecánicos con base en PLANUS	50
2.6 Aplicación de técnicas Lean para optimizar la ingeniería eléctrica.....	53
2.7 Elaboración de diagramas de flujo del proceso preliminar.....	63
2.8 Establecimiento de bases técnicas y tiempos de entrega con proveedores.....	65

2.9 Aplicación de POLCID para eficientar proyectos y beneficios a la calidad en la industria del cemento	66
Conclusiones.....	68
Capítulo 3. Metodología para automatizar un Molino de Cemento Vertical	70
Introducción.....	70
3.1 La voz del cliente en procesos de ingeniería eléctrica con mejora continua	71
3.2 La importancia de las normas para el desarrollo de ingeniería eléctrica y automatización	72
3.3 Introducción a los componentes principales para la automatización de un Molino de Cemento Vertical.....	73
3.4 La media tensión en la automatización de un Molino de Cemento Vertical.....	76
3.5 Elaboración de diagramas de flujo base para automatización	78
3.6 Metodología para el diseño de una red de comunicación para automatización de un Molino de Cemento Vertical	82
3.7 Automatización del alumbrado en un Molino de Cemento Vertical	86
3.8 Sistema POLCID para visualización y control como herramienta de calidad	88
3.9 Códigos de instrumentos y equipos para su identificación en el sistema POLCID..	92
Conclusiones.....	93
Capítulo 4. Instalación y arranque de un Molino de Cemento Vertical.....	95
Introducción.....	95
4.1 Descripción de fases del montaje eléctrico del Molino de Cemento Vertical.....	96
4.2 Montaje esbelto con códigos Planus	103
4.3 Cronograma de montaje y tiempos de puesta en marcha.....	107
4.4 Programación y ruta crítica del montaje de terminación del proyecto	110
4.5 La puesta en marcha y su relación con la calidad	114
4.6 La puesta en marcha esbelta en fase de pruebas	116
4.7 Software adicional de POLCID para la obtención de KPI's (Key Process Indicators, indicadores clave de proceso).....	120
Conclusiones.....	126
Capítulo 5. Métodos de mejora de la calidad en el proyecto eléctrico	128
Introducción.....	128
5.1 Softwares de ingeniería del diseño para mejora de la calidad	129
5.2 El internet como herramienta Lean en proyectos automatizados.....	139
5.3 Experiencia en la automatización como elemento de calidad	141

5.4 Mejora de la calidad en la documentación AS BUILT de un sistema automatizado con PLC e instrumentación.	143
5.5 Métodos de calidad enfocados a los procesos del diseño, instalación y documentación eléctrica.....	145
5.6 Inversión y ventajas de automatización de los proyectos	147
Conclusiones.....	149
Conclusiones Generales y Recomendaciones	150
Bibliografía.....	153

Introducción

Antecedentes

El cemento es un material básico para la construcción y la ingeniería civil.

El consumo y la producción de cemento están ligados directamente al incremento poblacional en nuestro país.

La producción de cemento en México alcanzó en el año 2013, 55 millones de toneladas, aproximadamente el 2.2 % de la producción mundial; y la demanda del producto sigue en aumento. Sin embargo, la fabricación de cemento es una actividad industrial intensiva en energía; energía térmica para la cocción de las materias primas; y energía eléctrica para las operaciones de molienda, manipulación de materiales e impulsión de gases.

La estadística del consumo del cemento muestra que México, a nivel Latinoamérica, tiene una alta participación en el consumo total, con el 24.9% como se observa en la Figura 1.

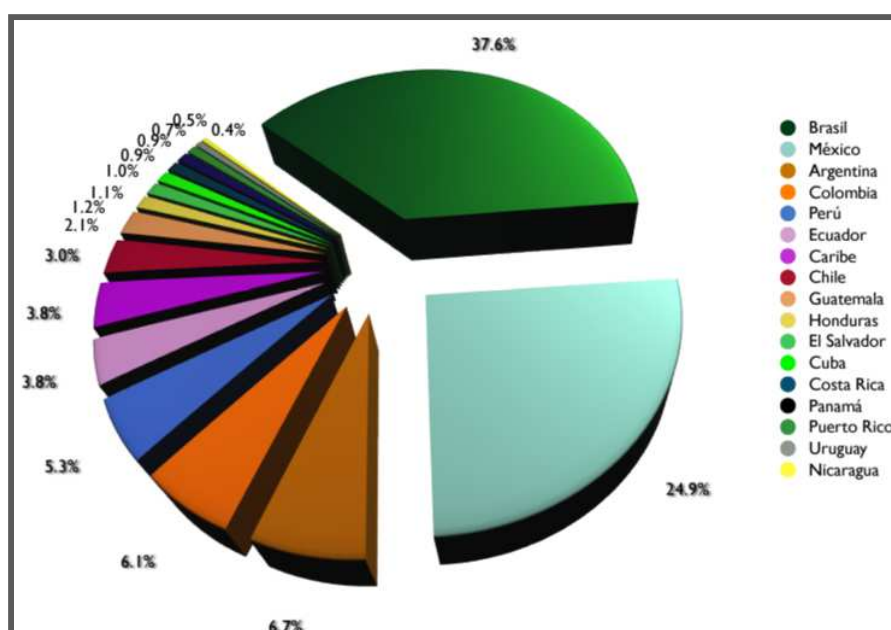


Figura 1. Consumo de cemento de México a nivel Latinoamérica.

Fuente: www.canacem.com, consultada el 27 Septiembre de 2013

El desempeño productivo en el sector de la construcción es un reflejo claro de la actividad económica total en México, la importancia de la industria cementera en el sector de la construcción radica en que el cemento, junto con el concreto representan insumos indispensables en la construcción de obras privadas y públicas. Así, podemos sugerir que el papel de la industria cementera es esencial para la actividad económica del país por su función como materia prima de la construcción y por la demanda económica que ejerce sobre otras industrias.

Thyssenkrupp, empresa líder de ingeniería en la construcción, suministra equipos y diseño para la industria cementera y minerales, lleva a cabo la gestión del proyecto, montaje y puesta en marcha, así como los servicios de post-venta.

Los proyectos que realiza esta empresa son conocidos como llave en mano que va desde el desarrollo de la ingeniería hasta terminar con la producción que se especifica en un contrato.

Para desarrollar la ingeniería, instalación y operación de un proyecto de un molino de cemento, el control manager tiene que aplicar técnicas Lean, con la finalidad de eliminar la muda ó desperdicio, no solo en el proceso sino en la administración y desarrollo del proyecto, a su vez liderando el proceso con Lean como la implantación de rutinas directivas, trabajo estandarizado y desarrollo de una cultura de mejora continua basado en una alta productividad.

Justificación

Thyssenkrupp, empresa líder de ingeniería en la construcción, suministro de equipo y diseño para la industria cementera y minerales, lleva a cabo el manejo del proyecto, montaje y puesta en marcha, así como los servicios de post-venta.

Actualmente, muchas de las plantas de cemento en México como CEMEX, Cementos Moctezuma, Lafarge, Holcim y Cruz Azul, usan molinos de bolas para producir cemento, que es el proceso final en una fábrica de cemento. Tener un molino de cemento de bolas, implica:

+Generación de alto consumo de energía - aproximadamente de 2231 kWh/t.

+Generación de CO₂ para la producción de cemento -Entre el 30% y el 40% de las emisiones de CO₂ son generadas por la quema de combustibles fósiles, realizada principalmente para que se alcancen las altas temperaturas necesarias en el horno y equipos asociados, como los secadores. Los principales factores que afectan a las necesidades de energía térmica son las materias primas y el proceso utilizado (seco, húmedo o intermedio). Dichas necesidades requieren entre 3.000 a 6.500 MJ de combustible por tonelada de Clinker producido.

- El 10% restante de las emisiones de CO₂ surge del transporte y la generación de electricidad necesaria para otros procesos de la fábrica. Los molinos (molino de cemento y molino de materias primas) y los extractores de gases (de horno/molino de materias primas y molino de cemento) consumen la mayor parte de la electricidad, en conjunto, más del 80% del consumo eléctrico.

+Baja producción (Como máximo 95 t/hr y mínimo 65 t/hr).

Los molinos de Bolas (Ver Figura 2), son muy nobles por su flexibilidad en cuanto al mantenimiento y dado que su tecnología es muy conocida, pero los molinos verticales y más siendo automatizados pueden ahorrar no solo energía, sino también que los mismos gases del horno puedan ser reutilizados en el proceso, para mantener la temperatura requerida para la molienda de cemento.



Figura 2. Molino de Bolas.

Fuente: www.thyssenkrupp.com , consultada el 27 Septiembre de 2013

Como por ejemplo, el consumo de energía eléctrica de un molino de bolas que produce 95 toneladas por hora, es de aproximadamente 48 kWh/t, lo que equivale a un pago de tarifas altas por consumo de energía eléctrica y contaminación por emisiones de CO₂ en la generación de electricidad. Los molinos verticales optimizan el proceso de la molienda de cemento para reducir el consumo de energía y lograr mayor productividad.

Por ejemplo, un Molino Vertical de Rodillos produce 185 a 200 t/h lo que equivale en promedio a un consumo de energía de 17-18 kWh/t, por lo que si se compara contra el consumo de energía de un molino de bolas es una gran diferencia equivalente al 62.5%. Por lo anterior, esta tecnología es cada vez menos apta, pues actualmente la industria está causando efectos invernaderos que afecta al planeta tierra.

La nueva tecnología en Molinos Verticales de Cemento de rodillos (Ver Figura 3) supera los procesos de desarrollo del proyecto, desde la ingeniería hasta la producción, lo que conlleva a ahorros de energía bastante considerables y eleva la producción a un punto óptimo.

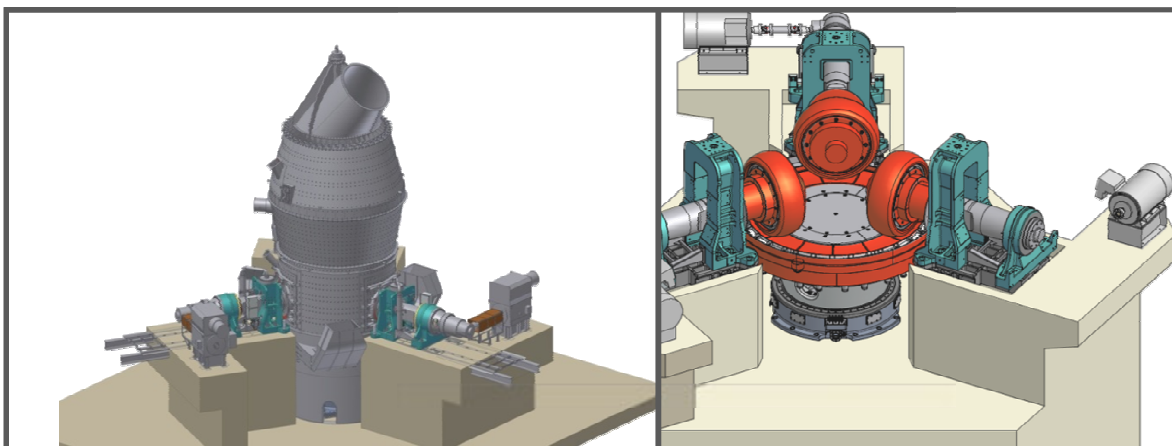


Figura 3. Molino de Cemento Vertical de Rodillos.

Fuente: Cooperativa La Cruz Azul.S.C.L , consultada el 27 de Septiembre de 2013

Los proyectos de molinos realizados por Thyssenkrupp son conocidos como llave en mano que va desde el desarrollo de la ingeniería hasta terminar con la producción que se especifica en un contrato.

En los proyectos que ha realizado esta empresa, por ejemplo para la Cementera Cooperativa La Cruz Azul S.C.L., y CYCNA (Cementos y Concretos Nacionales), los accionistas han optado por la automatización de todas sus fábricas y búsqueda de nuevos productos en el mercado tales como Molinos Verticales de rodillos que tienen un beneficio tanto de ahorro de energía como aumento de producción. A su vez, esto destituye por completo los molinos de Bolas que, como se mencionó anteriormente, ocasionan altos consumos de energía y una producción menor de cemento.

En esta tesis se establece una metodología para el desarrollo de la ingeniería eléctrica básica y de detalle en un proyecto eléctrico de un molino vertical, con la aplicación herramientas de softwares se evitan errores en los cálculos y contribuyen a mejorar el diseño de ingeniería eléctrica, la metodología facilita a los instaladores de una manera más sencilla la instalación de los instrumentos como si tratara de un instructivo muy bien detallado. Se demostrará qué tan eficientes son los molinos verticales en lugar de los molinos de bolas, por su productividad a través de un sistema automatizado que trae beneficios para los pronósticos de producción y mantenimiento.

En la etapa del proyecto para la realización de un Molino de Cemento Vertical se debe hacer una comparación y comenzar con mejoras continuas para la realización del proyecto (Ver Figura 4).

FILOSOFÍA TRADICIONAL DE PROYECTO vs FILOSOFÍA DE PROYECTO CON LEAN		
DESCRIPCIÓN	Proyecto tradicional	Proyecto Lean
Conceptualización de la Ingeniería y desarrollo del proceso.	La Ingeniería y el proceso se realiza en forma continua, sin actualización de métodos eficaces.	La ingeniería, instalación y proceso consiste en aplicación de Softwares de ingeniería eléctrica para omitir errores y reducción de horas-hombre.
Enfoque de control de costos de los proyectos.	Monitoreo tradicional de control de costos basado en un software específico para el área de contabilidad y finanzas.	Integración de SAP para control de costos, finanzas, compras, logística, estructura Planus y almacenaje de la documentación final para todos los proyectos de ingeniería en minería y cemento. Optimiza a toda la empresa e involucra a todas las personas y todas las disciplinas en los proyectos.
Enfoque de mejora del desarrollo de proyectos.	La productividad se basa en la tecnología tradicional de ejecución de los proyectos.	Mejora continua con base en capacitar y buscar la implementación de nuevas tecnologías automatizadas.

Figura 4. Filosofía Tradicional vs Filosofía con Lean

Esta tesis hace énfasis en la demostración que las herramientas de Lean Manufacturing y la aplicación en proyectos automatizados hacen más esbelto el desarrollo en las etapas de la Ingeniería eléctrica, instalación del proyecto y la aplicación de sistemas en el proceso de producción. La utilización de Softwares permiten obtener un análisis de fallas y estadísticas para la toma de decisiones por las gerencias de producción y mantenimiento eléctrico – mecánico en el molino de cemento.

En un proyecto de tal magnitud se deben contemplar todos los procesos desde el inicio de la fase de la ingeniería eléctrica y automatización, la instalación, puesta en marcha, aplicando herramientas Lean durante las diferentes fases del proyecto.

Objetivos

OBJETIVO GENERAL:

Establecer una metodología de trabajo para el desarrollo de la ingeniería eléctrica (Básica y de detalle), de instalación y de la puesta en marcha de un molino vertical de rodillos a través de técnicas Lean para automatización de los procesos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Automatizar la ingeniería eléctrica básica y de detalle, y los procesos subsecuentes.
- Verificar y demostrar que la aplicación de técnicas Lean y realizar proyectos llave en mano mejoran la rentabilidad.
- Aplicar las técnicas Lean a las diferentes fases de Ingeniería Básica y de detalles para automatización de un molino de cemento vertical.
- Aplicar herramientas de software para la organización, diseño y proceso con mejora continua.
- Aplicar técnicas Lean a las fases de construcción y puesta en marcha de un molino de cemento vertical.

Planteamiento del problema

En las últimas décadas la empresa Thyssenkrupp, no había tenido tanta demanda de ejecución de proyectos cementeros como en el presente, por lo tanto la empresa ha logrado construir plantas muy importantes y de las más modernas en México, es una empresa joven y ahora líder en proyectos llave en mano para la industria cementera, cada vez más proyectos y con personal capacitado sobre el conocimiento en este tipo de industria.

En el caso específico del departamento eléctrico de la compañía, se ha visto la necesidad de la aplicación de herramientas de calidad que tengan como consecuencia impacto en la mejora continua en la ejecución de los proyectos como eliminación de tiempo, presupuesto, y re-trabajos, por medio de softwares de la ingeniería básica y de detalle, que son las herramientas fundamentales para la instalación y puesta en marcha.

Debido a los atrasos en entregas fuera del cronograma establecido contractualmente con los clientes, se ocasionan penalizaciones que afectan con fuerte impacto al presupuesto. Hasta ahora la falta de técnicas de calidad y de productividad han ocasionado pérdidas, por falta de atención en la forma de organizar e implementar la mejora continua durante el desarrollo, como la falta en el fortalecimiento de los sistema de calidad, como lo es el control de calidad en los procesos de desarrollo de ingeniería, instalación y operación de un molino de cemento o cualquier otra área.

La ausencia de bases del pensamiento Lean afecta la operaciones soportadas por procesos continuos y disminuye la disponibilidad y flexibilidad en el desarrollo de un proyecto, ha faltado que los jefes de proyectos cuenten con el apoyo de la gerencia para implantar estrategias de involucramiento del personal para mejora de la productividad e ideas sobre liderazgo, con el fin de obtener operaciones de mejora continua.

Las pérdidas por tiempo de espera, por transporte, por defectos de ingeniería, y de tiempo, así como las malas decisiones de las personas, son algunos puntos que nos ayudarán a diseñar un plan de mejora que optimíse la ejecución de este molino de cemento y su operación.

Cabe mencionar que la automatización es la forma de simplificar y hacer más fáciles los procesos de desarrollo de ingeniería y de producción.

En esta tesis se presentará un ejemplo completo de la organización y aplicación de técnicas Lean que hacen no solo esbelta la ejecución de un proyecto durante la fase de ingeniería sino la operación a través de la eliminación de la muda con la implantación de la automatización por medio de softwares.

Es necesario que en proyectos de estas magnitudes se plasme la aplicación de herramientas de calidad como una lección aprendida por su traducción en ingles (Lessons Learned) y que se trasmita a las empresas, con la finalidad de optimizar y hacer más flexibles sus procesos de ejecución, instalación y operación.

CAPÍTULO 1

La industria del cemento.

Capítulo 1. La Industria del Cemento

Introducción

El cemento se empezó a usar en la Antigua Grecia utilizando tobas volcánicas extraídas de la isla de Santorini, los primeros cementos naturales. En el siglo I A. C. se empezó a utilizar en la Antigua Roma, un cemento natural, que ha resistido la inmersión en agua marina por milenios.

En el siglo XVIII John Smeaton construye la cimentación de un faro en el acantilado de Eddystone, en la costa Cornwall, empleando un mortero de cal calcinada. Durante la primera mitad del siglo XIX, Joseph Aspdin y James Parker patentaron en 1824 el Portland Cement, denominado así por su color gris verdoso oscuro similar a la piedra de Portland. Isaac Johnson en 1845 obtiene el prototipo del cemento moderno, con una mezcla de caliza y arcilla calcinada a alta temperatura. En el siglo XX situamos el auge de la industria del cemento, debido a los experimentos de los químicos franceses Vicat y Le Chatelier y el alemán Michaélis, que logran cemento de calidad homogénea; la invención del horno rotatorio para calcinación y el molino tubular y los métodos para transportar, hormigón fresco ideados por Juergen Heinrich Magens y patentados entre 1903 y 1907.

Las nuevas plantas de cemento del siglo XXI, conocidas también como plantas del proceso son aquellas que comienzan un proceso desde la obtención de la materia prima hasta tener un producto terminado. Este proceso de la industria de cemento comienza con la explotación del material hasta su envasado y paletizado en camiones. Para llevar a cabo este proceso de producción tan grande de cemento, se requiere de mucho equipo y edificios en los que se llevan a cabo procesos distintos una misma área.

Debido a la demanda que existe actualmente en nuestro país, cabe mencionar que el consumo per cápita de cemento hasta 2011 fue de 299 kg, lo que multiplicado por el número de habitantes implica una demanda exorbitante de cemento.

Por esta razón, hoy en día los fabricantes de cemento, no podrían llevar producir miles de toneladas de cemento diariamente, si no fuera por procesos automatizados y proyectos bien planeados para los fabricantes. Por esta razón, la industria cementera busca proveedores confiables como empresas europeas que realicen proyectos llave en mano de ampliaciones o incluso nuevas plantas, los cuales, son proyectos en los que se requiere una gran organización y una calidad de servicio con la finalidad de otorgarle al cliente un producto terminado listo para su operación.

En este caso, los molinos de cemento verticales de rodillos juegan un papel importante para reducir los consumos de energía y a través de la automatización ofrecen una mayor eficiencia con beneficios para los clientes y usuarios finales.

1.1 Antecedentes de la industria del cemento

Hace 5.000 años aparecen al norte de Chile las primeras obras de piedra unidas por un conglomerante hidráulico procedente de la calcinación de algas, estas obras formaban las paredes de las chozas utilizadas por los indios.

Los egipcios emplearon morteros de yeso y de cal en sus construcciones monumentales.

En Troya y Micenas, dice la historia que, se emplearon piedras unidas por arcilla para construir muros, pero, realmente el hormigón confeccionado con un mínimo de técnica aparece en unas bóvedas construidas cien años antes de J.C.

Los romanos dieron un paso importante al descubrir un cemento que fabricaban mezclando cenizas volcánicas con cal viva. En Puteoli conocido hoy como Pozzuoli se encontraba un depósito de estas cenizas, de aquí que a este cemento se le llamase "cemento de puzolana".

Con hormigón construye Agripa en el año 27 antes de J.C. el Panteón en Roma, que sería destruido por un incendio y reconstruido posteriormente por Adriano en el año 120 de nuestra era y que, desde entonces, desafió el paso de tiempo sin sufrir daños hasta el año 609 se transformó en la iglesia de Santa María de los Mártires. Su cúpula de 44 metros de luz está construida en hormigón y no tiene más huecos que un lucernario situado en la parte superior (IECA Instituto español del cemento y de sus aplicaciones)

El cemento Portland

Hasta el siglo XVIII puede decirse que los únicos conglomerantes empleados en la construcción fueron los yesos y las cales hidráulicas, sin embargo, es durante este siglo cuando se despierta un interés notable por el conocimiento de los cementos.

John Smeaton, ingeniero de Yorkshire (Inglaterra), al reconstruir en 1758 el faro de Eddystone en la costa de Cornish, se encuentra con que los morteros formados por la adición de una puzolana a una caliza con alta proporción de arcilla, eran los que mejores resultados que daban frente a la acción de las aguas marinas y que la presencia de arcilla en las cales, no sólo las perjudicaba sino que por el contrario, las mejoraba, haciendo que estas cales fraguasen bajo el agua y que una vez endurecidas fuesen insolubles en ella.

Puede decirse con acierto que el primer padre del cemento fue Vicat a él se debe el sistema de fabricación que se sigue empleando en la actualidad y que propuso en 1817. Vicat fue un gran investigador y divulgador de sus trabajos; en 1818 publicó sus "Investigaciones experimentales" y en 1828 "Mortiers et ciments calcaires".

En estos trabajos marca la pauta a seguir en la fabricación del cemento por medio de mezclas calizas y arcillas dosificadas en las proporciones convenientes y molidas conjuntamente.

El sistema de fabricación que empleó Vicat fue el de vía húmeda y con él marcó el inicio del actual proceso de fabricación. Este gran científico en 1853 empieza a estudiar la acción destructiva del agua de mar sobre el mortero y hormigón.

En 1824, Joseph Aspdin, un constructor de Leeds en Inglaterra, daba el nombre de cemento portland y patentaba un material pulverulento que amasado con agua y con arena se endurecía formando un conglomerado de aspecto parecido a las calizas de la isla de Portland. Probablemente, el material patentado por Aspdin era una caliza hidráulica debido, entre otras cosas, a las bajas temperaturas empleadas en la cocción.

En 1838 Brunel emplea por primera vez un cemento procedente de la fábrica de Aspdin en el que se había logrado una parcial formar cemento por elección de una temperatura adecuada de cocción. Este cemento se aplicó en la construcción de un túnel bajo el río Támesis en Londres.

Puede decirse que el prototipo del cemento moderno fue producido a escala industrial por Isaac Johnson quien en 1845 logra conseguir temperaturas suficientemente altas para fusionar por medio de cambios de temperatura (enfriar) la mezcla de arcilla y caliza empleada como materia prima.

El intenso desarrollo de la construcción de ferrocarriles, puentes, puertos, diques, etc., en la segunda mitad del siglo XIX, da una importancia enorme al cemento y las fábricas de éste, especialmente las de cemento natural, empiezan a extenderse por doquier.

Es a partir de 1900 cuando los cementos portland se imponen en las obras de ingeniería y cuando empieza un descenso veloz del consumo de cementos naturales.

Actualmente, el cemento Portland ha llegado a una gran perfección y es el material industrializado de construcción de mayor consumo. Se puede decir que el cemento es el alma del hormigón, yendo destinada, prácticamente, toda su producción a enlazar piedras sueltas para crear el material pétreo que conocemos como hormigón.

Las investigaciones llevadas a cabo por los padres del cemento Michaelis y Le Chatelier, en 1870 y 1880, fueron fundamentales y muy meritorias para el desarrollo de este material. En ellas se apoya toda la investigación actual que emplea técnicas de análisis muy sofisticadas y rápidas (IECA Instituto español del cemento y de sus aplicaciones).

1.2 Demanda de cemento en México

Para poder visualizar mejor la demanda, en la Figura 1 podemos observar que la demanda en millones de Toneladas en el país desde 2000 al 2006 aumentó debido al impulso que en aquel entonces, con el cambio de gobierno de PRI al PAN se fortaleció el sector de la construcción y al INFONAVIT en proyectos gubernamentales y privados, después del 2006 hasta 2011 se vino a la baja con 6.52%, un ejemplo muy claro es que se puede observar la construcción de cientos de conjuntos residenciales y habitacionales en la ciudad de México y en los estados de la República Mexicana, cabe mencionar que la tendencia en la economía de la construcción ha impulsado a que las empresas cementeras tengan que invertir en la construcción de plantas completamente nuevas y ampliaciones como Molinos, Enfriadores, Hornos y Paletizadoras.

La modernización de las plantas juega un papel importante en la producción de millones de toneladas anuales del consumo nacional (Ver Figura 1.2).

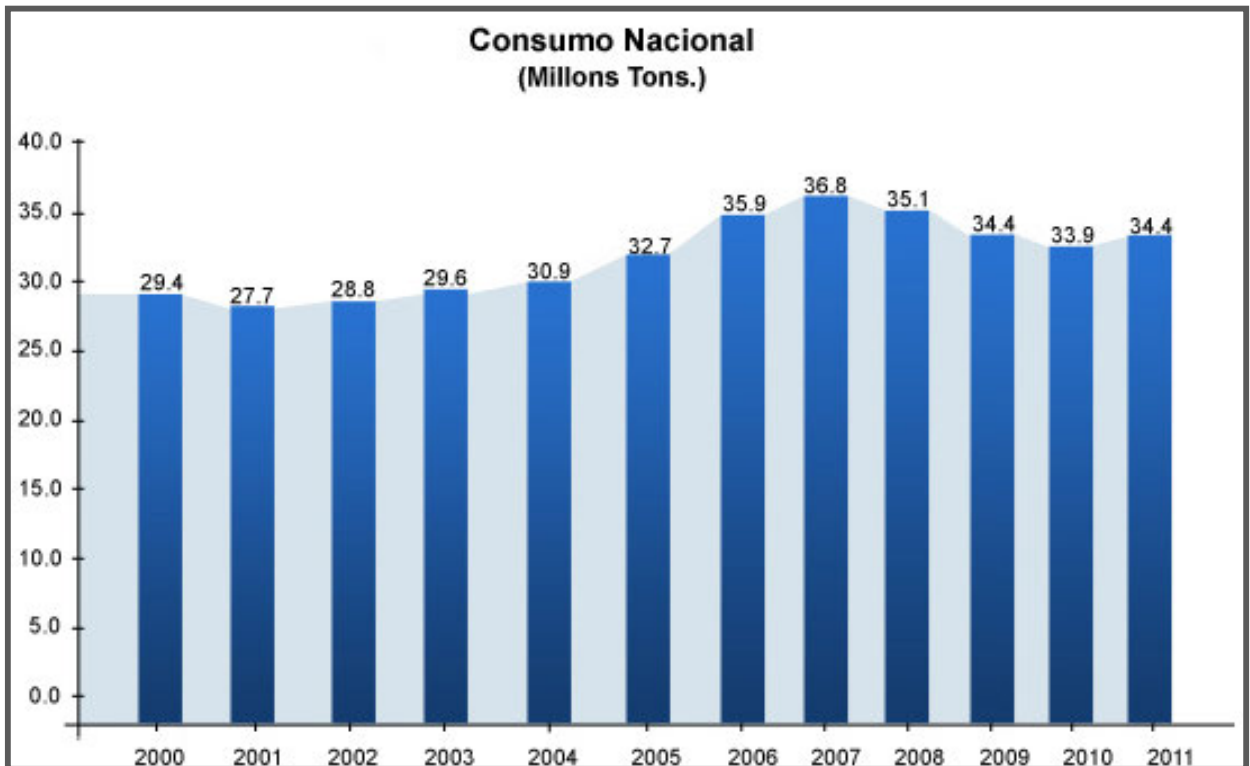


Figura 1.2 Consumo Nacional (Datos Estadísticos de la CANACEM)

Fuente: www.canacem.com, consultada el 27 Septiembre de 2013

En México se tienen varias empresas productoras de cemento como son:



Figura 1.2.1 a) Lista de plantas por fabricante de cemento¹.
Fuente www.canacem.com, consultada el 27 Septiembre de 2013

Para satisfacer este mercado se mencionan las 34 plantas existentes en la República Mexicana que se encargan de la producción del Cemento (Ver Figura 1.2.1² a y b).

La planta más reciente fue construida en 2013, pertenece a CEMENTOS FORTALEZA, y ubicada en Santiago de Ayala, Hidalgo. Aún no aparece en la lista de la CANACEM (Cámara Nacional del Cemento), pero próximamente será registrada como la planta número 35.

² En la figura 1.2.1 no se puede observar el logotipo de Cruz Azul pero las plantas que pertenecen a la cooperativa la Cruz Azul S.C.L son la planta Oaxaca y Tula Hidalgo. Es necesario aclarar que la empresa CYCNA (Cementos y Concretos Nacionales) son el mismo grupo de la cooperativa la Cruz Azul S.C.L.



Figura 1.2.1 b) Ubicación geográfica de Plantas de Cemento.

Fuente: www.canacem.com, consultada el 27 Septiembre de 2013

Al revisar la Tabla 1.2.2, se puede observar como un aspecto a destacar, el consumo aproximado de kilogramos de cemento por habitante lo es importante.

Año	Producción (cemento gris)	Consumo Nacional (Millones Tons.)	Habitantes	kgs/ habitante
2000	31.7	29.4	99,929,495	294
2001	30.0	27.7	101,208,925	273
2002	31.1	28.8	102,443,471	281
2003	31.9	29.6	103,636,353	285
2004	33.2	30.9	104,790,554	295
2005	34.7	32.7	103,946,866	314
2006	37.9	35.9	104,874,282	342
2007	38.8	36.8	105,790,725	347
2008	37.1	35.1	106,682,512	329
2009	35.1	34.4	107,550,697	321
2010	34.5	33.9	112,336,538	301
2011	35.4	34.4	114,975,406	299

Tabla 1.2.2 Consumo Nacional y Consumo per cápita.

Fuente: www.canacem.com, consultada el 27 Septiembre de 2013

Con los valores de la tabla 1.2.2, se puede observar que la demanda al año 2011, es de 299 kg/habitante, por lo que la industria cementera ha requerido de mayor tecnología que cumpla las demandas que exige el mercado.

Estos valores que se han obtenido han repercutido en las empresas europeas que construyen y diseñan la ingeniería para realizar nuevas plantas y ampliaciones.

Los clientes como CEMEX, LAFARGE, HOLCIM, CYCNA, CRUZ AZUL, GCC Cementos y Cementos MOCTEZUMA exigen a los proveedores de construcción de cementeras como Thyssenkrupp, POLYSIUS y FLS SMITH, que reduzcan los tiempos de ejecución de ingeniería y de construcción. Lo anterior hace que no solo la automatización se aplique en la maquinaria para eficientar los procesos, sino también automatizar el desarrollo de los proyectos y hacer énfasis que en estas épocas el ahorro de energía es muy importante y una alta eficiencia en la producción, mejorando los diseños de los molinos verticales sobre los molinos de bolas.

En la realización de los proyectos que toman los constructores de cementeras ha impulsado la aplicación de técnicas Lean para hacer que los procesos de los proyectos de ingeniería sean más eficientes con el fin de reducir errores de cálculo en la ingeniería así como evitar problemas durante la construcción de los proyectos.

Hoy en día la construcción, por ejemplo de una planta que produce 3,000 toneladas/día debe de realizarse en 24 meses, lo cual aparentemente se ve difícil de lograr por la infinidad de cálculos que se deben de hacer, no solo eléctricos, sino mecánicos y civiles. Por esta razón se requiere encontrar las herramientas adecuadas para realizar la ingeniería, la construcción y la puesta en marcha.

En los capítulos siguientes de esta tesis se mostrará cómo el proyecto de un molino de cemento puede ser realizado rápidamente con herramientas que ayudan al diseño de la ingeniería eléctrica a minimizar tiempos de cálculo de conductores, trayectorias de charolas eléctricas y de bases de datos, que ayudan a los ingenieros a que los diseños se puedan realizar en tiempos muy reducidos y con una eficiencia que garantice que en los proyectos de plantas completas o ampliaciones se tenga tecnología de punta, que ayude a la construcción, puesta en marcha y al proceso como tal.

En síntesis el objetivo de satisfacer la demanda proviene de la elaboración de proyectos con reducciones de tiempos que son desempeñados a través de mecanismos flexibles que hacen que los trabajos de ingeniería y diseño sean realizados con calidad y beneficiando a las empresas cementeras.

1.3 Procesos de una planta de cemento

El cemento es un material de construcción básico que se obtiene del procesado de distintos materiales. Actúa como un conglomerante hidráulico, lo que permite que fragüe y se endurezca cuando se amasa con agua y áridos (Lafarge).

Los productos derivados del cemento como el hormigón, los prefabricados y los morteros, son indispensables para la construcción de puertos, carreteras, presas, puentes, viviendas, hospitales, escuelas, etc. En el proceso de fabricación del cemento se distinguen cuatro etapas principales:

- I. Obtención y preparación de materias primas
 - a) Homogenización y molienda de crudo
 - b) Precalentador de ciclones.
- II.
 - a) Fabricación de Clinker-Horno
 - b) Fabricación del Clinker – Enfriador.
- III. Molienda de cemento
 - a) Expedición.

Etapa I. Obtención y preparación de Materias Primas (Ver figura 1.3.1).



Figura 1.3.1. Obtención de Materias Primas.

Fuente www.lafarge.com.es consultada el 21 Septiembre de 2013

El proceso de fabricación del cemento comienza con la extracción de las materias primas que se encuentran en yacimientos, normalmente canteras a cielo abierto.

Las canteras se explotan mediante voladuras controladas, en el caso de materiales duros como calizas y pizarras, mientras que en el caso de materiales blandos (arcillas y margas) se utilizan excavadoras para su extracción.

Una vez extraído y clasificado el material, se procede a su trituración hasta obtener una granulometría adecuada para el producto de molienda y se traslada a la fábrica mediante cintas transportadoras o camiones para su almacenamiento en el parque de pre-homogenización (Ver Figura 1.3.2, Punto1).

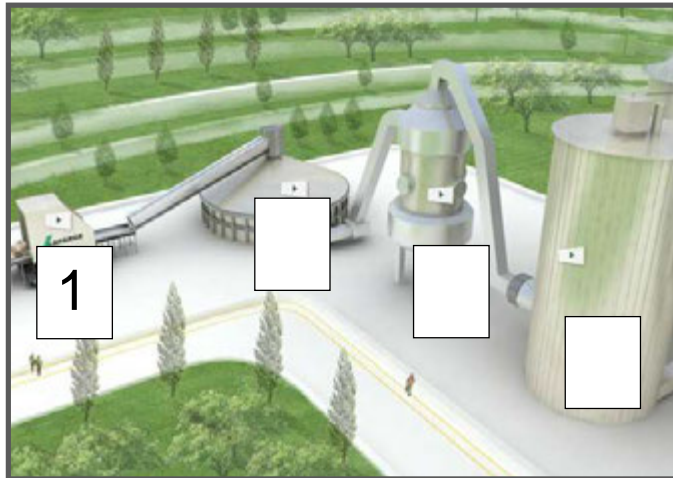


Figura 1.3.2. Homogenización y Molienda de Crudo

Fuente www.lafarge.com.es consultada el 21 Septiembre de 2013

Etapa I. a) Homogenización y molienda de crudo

En el parque de pre-homogenización, el material triturado se almacena en capas uniformes para ser posteriormente seleccionadas de forma controlada. La pre-homogenización permite preparar la dosificación adecuada de los distintos componentes reduciendo su variabilidad (Ver Figura 1.3.2, Punto 2).

Posteriormente, estos materiales se muelen en molinos verticales o de bolas para reducir su tamaño y favorecer así su cocción en el horno (Ver Figura 1.3.2, Punto 3).

En el molino vertical se tritura el material a través de la presión que ejercen sus rodillos sobre una mesa giratoria. A partir de ahí, la materia prima (harina crudo) se almacena en un silo para incrementar la uniformidad de la mezcla (Ver Figura 1.3.2, Punto 4).

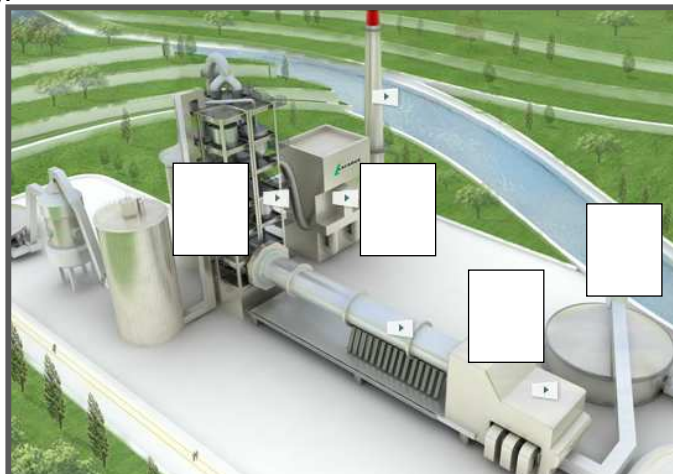


Figura 1.3.3. Precalentador de Ciclones

Fuente www.lafarge.com.es consultada el 21 Septiembre de 2013

Etapas I. b) Precalentador de ciclones

En función de cómo se procesa el material antes de su entrada en el horno de Clinker, se distinguen cuatro tipos de procesos de fabricación: vía seca, vía semi-seca (Ver Figura 1.3.3, punto 1), vía semi-húmeda. En la actualidad, la mayoría de las cementeras en Europa y América utilizan la vía seca.

La alimentación al horno se realiza a través del Precalentador de ciclones (Ver Figura 1.3.3, punto 2), que calienta la materia prima para facilitar su cocción. La harina o crudo (materia prima molida) se introduce por la parte superior de la torre y va descendiendo por ella.

Mientras tanto, los gases provenientes del horno, que están a altas temperaturas ascienden a contracorriente, precalentando así el crudo que alcanza los 1000°C antes de entrar al horno.

Etapas II. a) Fabricación de Clinker – Horno.

A medida que la harina va avanzando en el interior del horno, mientras este rota, la temperatura va aumentando hasta alcanzar los 1500°C. A esta temperatura se producen complejas reacciones químicas que dan lugar al Clinker (Ver Figura 1.3.3, punto 3).

Para alcanzar las temperaturas necesarias para la cocción de las materias primas y la producción de Clinker, el horno cuenta con una llama principal que arde a 2000°C. En algunos casos, también hay una llama secundaria situada en la cámara de combustión, que se encuentra en la torre del Precalentador.

Estas llamas se alimentan con combustibles tradicionales, como el carbón o el coque, o alternativos como los neumáticos, basura, o los lodos de depuradora, entre otros.

Etapas II. b) Fabricación de Clinker – Enfriador.

A la salida del horno, el Clinker se introduce en el enfriador, que inyecta aire frío del exterior para reducir su temperatura de los 1400°C a los 100°C. El aire caliente generado en este dispositivo se introduce nuevamente en el horno para favorecer la combustión, mejorando así la eficiencia energética del proceso (Ver Figura 1.3.3, punto 4) y después de que se enfría el material sube a través de su transporte hacia el almacén de Clinker (Ver Figura 1.3.4, punto 1).

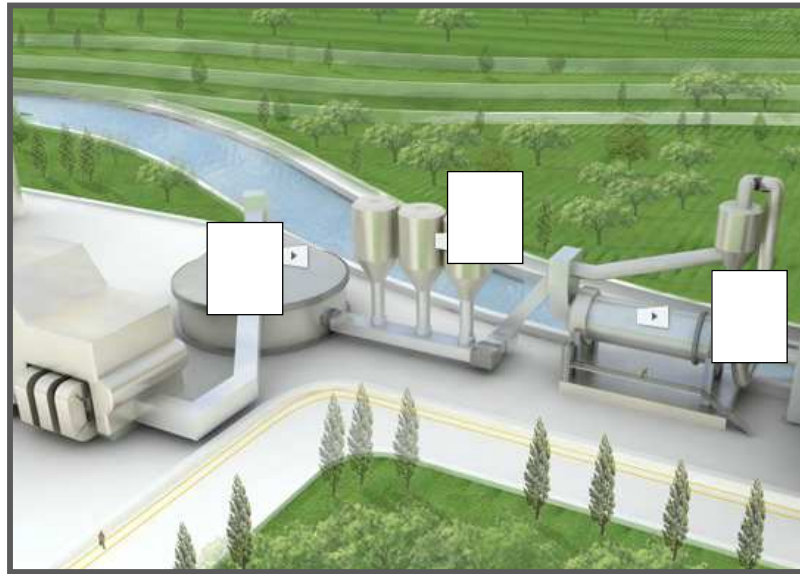


Figura 1.3.4. Fabricación de Clinker – Enfriador (Gráfico de Lafarge)

Fuente www.lafarge.com.es consultada el 21 Septiembre de 2013

Etapa III. Molienda de Cemento

Una vez obtenido, el Clinker se mezcla con yeso y adiciones, en proporciones adecuadas, dentro de un molino de cemento. En su interior los materiales se muelen, se mezclan y homogenizan (Ver Figura 1.3.4, punto 2).

Los molinos pueden ser de rodillos (Horizontales y Verticales) y de bolas. Este último consiste en un gran tubo que rota sobre sí mismo y que contiene bolas de acero en su interior. Gracias a la rotación del molino, las bolas colisionan entre sí, triturando el Clinker y las adiciones hasta lograr un polvo fino y homogéneo: El cemento (Ver Figura 1.3.4, punto 3).

Las distintas calidades del cemento se obtienen con la adición de materiales como escorias de alto horno, humo de sílice, puzolanas naturales, cenizas volantes y caliza, que le permiten alcanzar determinadas características para su uso que se establecen en la reglamentación vigente.

Etapa III. a) Expedición

Por último, el cemento se almacena en silos, separado según las clases (Ver Figura 1.3.5, punto 1). , antes de ser ensacado o descargado en un camión cisterna para su transporte por carretera o ferrocarril (Ver Figura 1.3.5, punto 2).

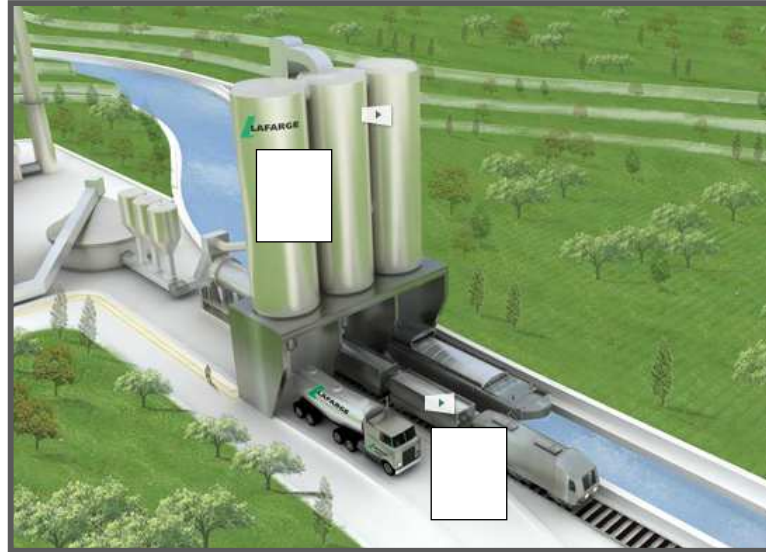


Figura 1.3.5 Almacenaje y Expedición de cemento.

Fuente www.lafarge.com.es consultada el 21 Septiembre de 2013

Para la construcción de una planta de cemento normalmente los fabricantes de la industria del cemento buscan a los proveedores que desarrollan los procesos anteriormente descritos. Son empresas extranjeras que venden la tecnología tales como: molinos, precalentadores, hornos, enfriadores y paletizadoras.

La ejecución es realizada a través de proyectos llave en mano, donde las disciplinas, eléctrica, civil y mecánica trabajan de manera conjunta para hacer posible el funcionamiento de una planta de cemento o su ampliación de acuerdo a lo contratado por los clientes.

1.4 Industria de procesos para la producción de cemento

Antes de entrar al proceso del cemento, es necesario definir las actividades de la Industria manufacturera o industria de procesos, la cual abarca las actividades dedicadas a la transformación mecánica, física o química de materiales o sustancias con el fin de obtener productos nuevos. También se consideran manufacturas las actividades de maquila; el ensamble de partes y componentes o productos fabricados; la reconstrucción de maquinaria y equipo industrial, comercial, de oficina y otros, y el acabado de productos manufacturados mediante el teñido, tratamiento calorífico, enchapado y procesos similares. Igualmente se incluye aquí la mezcla de materiales, como los aceites lubricantes, las resinas plásticas, las pinturas y los licores, entre otras. El trabajo de transformación por procesos se puede realizar en sitios como plantas de cemento, minería, fábricas, talleres, maquiladora u hogares; ya sea que el trabajo se efectúe utilizando máquinas accionadas por energía o equipo manual.

Subsectores
Total Industrias Manufactureras
Industria alimentaria
Industria de las bebidas y del tabaco
Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles
Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir
Fabricación de prendas de vestir
Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos
Industria de la madera
Industria del papel
Impresión e industrias conexas
Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón
Industria química
Industria del plástico y del hule
Fabricación de productos a base de minerales no metálicos
Industrias metálicas básicas
Fabricación de productos metálicos
Fabricación de maquinaria y equipo
Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos
Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica
Fabricación de equipo de transporte
Fabricación de muebles, colchones y persianas
Otras industrias manufactureras

Tabla 1.4 Tipos de la industria de procesos y/o manufactura.

Fuente www.inegi.org.mx consultada el 15 Octubre de 2013

La industria del cemento de acuerdo a la tabla 1.4 como industria de manufactura o proceso entra en la clasificación de Fabricación de productos a base de minerales no metálicos, este proceso se entiende por un desarrollo sistemático que conlleva una serie

de pasos ordenados, los cuales se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado preciso, (Ver figura 1.4.1).

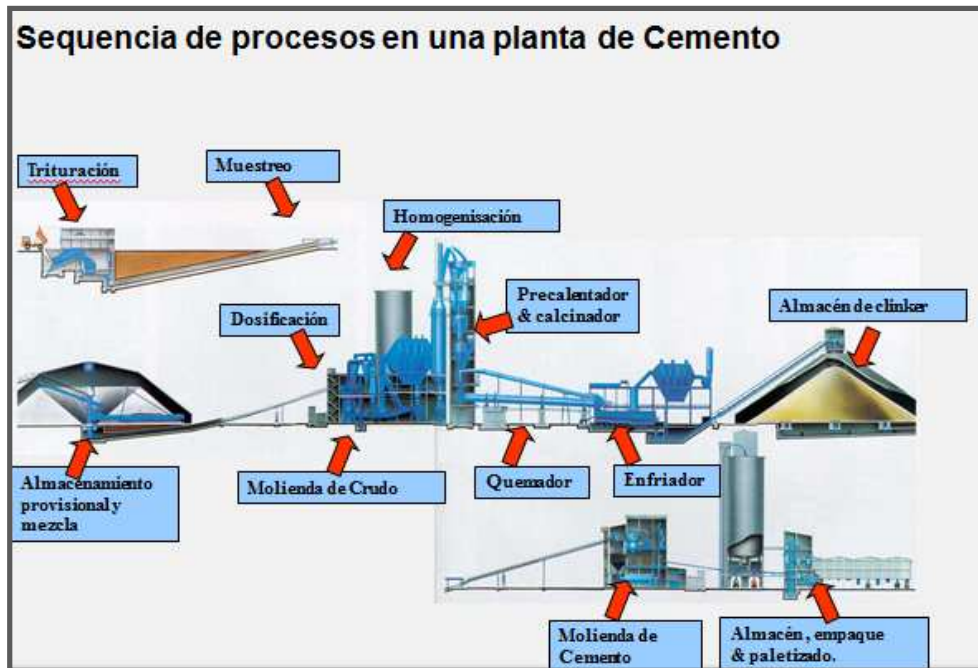


Figura 1.4.1 Secuencia de procesos en una planta de cemento.

Fuente www.thyssenkrupp.com consultada el 27 Septiembre de 2013

Una empresa de manufactura es totalmente diferente a la de procesos, ya que las empresas de manufactura convierten la materia prima en productos terminados y por lo general utilizan cuatro cuentas: Almacén de materiales directos, Suministros de fábrica, Producción en proceso, Almacén de artículos terminados. Un ejemplo claro de la industria manufacturera son las plantas de ropa, automóviles, luminarios etc.

La diferencia con este tipo de empresas, es que las plantas de procesos obtienen su materia prima en sitio y a través de procesos las van transformando, como es el caso de la industria del cemento o la petroquímica, incluso hasta la farmacéutica, ya que a través de procesos van elaborando su producto y en cambio la manufacturera integra productos terminados haciendo uno solo y requiere de almacenes y suministros, pero de diferente manera.

1.5 Automatización de una industria de procesos

El proceso del cemento es un proceso del cual muy pocas personas tienen un conocimiento profundo, ya que debe ser diseñados bajo definiciones de ingeniería eléctrica y automatización, ingeniería mecánica e ingeniería civil muy complejas, se diseñan bajo estándares y normas que existen para las disciplinas ya mencionadas, para tener calidad en proyectos llave en mano, logrando procesos robustos con posibilidad de mejoras y optimización en el proceso durante su fase de ingeniería, planeación, construcción y puesta en marcha.

Es por esta razón que el enfoque de la automatización de este proyecto llave en mano se basa en el desarrollo del diseño eléctrico y la automatización de un molino de cemento vertical, realizado por el departamento eléctrico.

Hoy en día la demanda per cápita del consumo del cemento hace que las empresas que producen cemento como CEMEX, Cruz Azul, LAFARGE, CEMENTOS MOCTEZUMA, etc.; requieran ampliar sus instalaciones para cumplir las demandas y es así como comienzan los proyectos llave en mano.

Cada vez la industria cementera requiere de tecnología de punta para lograr automatizar las plantas o ampliaciones como hornos, moliendas de crudo, envase, etc. Esto requiere de control y precisión para los manejos de las demandas del mercado, actualmente las plantas cementeras solicitan a los proveedores anteproyectos en los que se vean reflejados principalmente:

1. El Ahorro de Energía Eléctrica y reducción de CO2
2. Automatización de procesos
3. Aumento de producción
4. Mejorar el servicio de mantenimiento
5. Evitar paradas continuas por búsqueda de fallas eléctricas

Todo esto se hace automatizando los procesos de fases de ingeniería y de la búsqueda con base al conocimiento y experiencia de los equipos que realizan los proyectos llave en mano, los cuales proporcionarán una mayor sustentabilidad a la demanda de cemento.

La automatización es el uso de sistemas de control y de tecnología informática para reducir la necesidad de la intervención humana en un proceso.

En el enfoque de la industria, la automatización es el paso más allá de la mecanización en donde los procesos industriales son asistidos por máquinas o sistemas mecánicos que reemplazan las funciones que antes eran realizadas por métodos obsoletos.

Mientras que en la mecanización los operadores son asistidos con maquinaria a través de su propia fuerza y de su intervención directa, en la automatización se reduce de gran manera la necesidad mental y sensorial del operador.

De esta forma presenta grandes ventajas como técnica la de Lean Manufacturing, esto es en cuanto a producción más eficiente, disminución de riesgos al operador y mayor seguridad para el personal operativo.

Las principales ventajas de aplicar las herramientas de LEAN a la automatización de un proceso son:

- Reemplazo de operadores humanos en tareas repetitivas o de alto riesgo.
- Reemplazo del operador humano en tareas que están fuera del alcance de sus capacidades como levantar cargas pesadas, trabajos en ambientes extremos o tareas que necesiten manejo de una alta precisión.
- Incremento de la producción. Al mantener la línea de producción automatizada, las demoras del proceso son mínimas, no hay agotamiento o desconcentración en las tareas repetitivas, el tiempo de ejecución se disminuye considerablemente, según el proceso.
- Minimizar los tiempos de mantenimiento y elaborar el plan de compra de equipos de acuerdo la estadística del sistema de monitoreo, la cual muestre el índice de fallas.

La automatización de maquinarias grandes como Molinos de Cementos requieren de una inversión inicial de un millón de dólares americanos en comparación con el costo unitario del producto, sin embargo mientras la producción se mantenga constante esta inversión se recuperará en un tiempo después de 6 meses de operación o antes, proporcionando a la empresa una línea de producción con un alto índice de ingresos.

1.6 El nuevo enfoque de la automatización

El nuevo enfoque de la automatización está siendo aplicado principalmente en mejorar al máximo la calidad del proceso y luego mantener esta calidad en el producto a través de operadores calificados. Ya en un segundo plano, se encuentran los tiempos de producción.

Otro cambio importante en el nuevo enfoque de la automatización, es la demanda por la flexibilidad de la línea de producción. Las empresas tienen una producción flexible cuando tienen la habilidad de cambiar la manufactura de un producto "A" por una manufactura diferente para un producto "B", sin tener que reconstruir completamente la línea de producción. También una línea de producción es flexible cuando se pueden cambiar parámetros base, tales como: la producción por día o adición o remoción de procesos dentro de la línea sin afectar la calidad del producto. Esta capacidad de cambios de células de producción es fácilmente implementada con un buen diseño previo en la automatización de la línea de producción.

La automatización permite hoy en día que los proveedores como Thyssenkrupp se conecten vía internet a los servidores y PLC de los equipos instalados en los gabinetes de entradas y salidas a través de buses (fibra óptica y PROFIBUS), con la finalidad de arreglar fallas, sin que los técnicos deban estar en sitio para reprogramar o incluso parametrizar tarjetas de entradas y salidas. Esto asegura que la optimización de uso de la tecnología ayude a reducir recursos como costos de viaje, sin afectar a los procesos y que puedan seguir con la producción a través de los servicios remotos desde cualquier punto del mundo, solo y únicamente con la disposición de internet y los equipos adecuados.

Los procesos en el cemento requieren de muchas ideas que son clave para controlar las diversas variables del proceso, por ejemplo:

- 1.- Velocidad, Presión, Temperatura, Flujo, Nivel, Torque.
- 2.- Señales digitales (Paros de emergencia, sirenas, señales de desvío de bandas transportadores, señales de cierre y apertura de válvulas, clapetas y compuertas).
- 3.- Señales de arranque para variadores de frecuencia, arrancadores directos y de arranque suave.

Cada una de estas variables requiere de sensores o conexiones de PLC's a través de redes, las cuales nos ayudan a la recolección de datos para nuestro proceso, a través de un software de monitoreo, lo cual proporciona la información esencial para el control de nuestro proceso.

En un proyecto como un Molino de Cemento Vertical que produce 175 toneladas por hora, la automatización juega el papel más importante y la optimización para detectar rápidamente los errores, pero también nos ayuda a que constantemente tomemos decisiones importantes, ya sea incrementar nuestra producción o reducirla, también nos ayuda con innumerables beneficios que conlleva la automatización como son los siguientes:

1. Obtención de reportes de calidad de forma inmediata del material producido, como es el caso del Blaine y del retenido; los cuales son los puntos esenciales para observar la calidad del cemento.
2. Obtención de tendencias de forma inmediata tales como; consumo de energía, producción con horarios y paros debidos a fallas.
3. Estadísticas de fallas de los sensores más esenciales de un molino de cemento.
4. Cabe mencionar que el hacer una red eficiente también reduce la utilización de cables de control, es decir; cable de un calibre 20 AWG con pares trenzados y blindaje, pero esto se puede sustituir por tecnología de buses como cables de fibra óptica o cable de cobre conocido como Profibus (Ver Figura 1.6 y 1.6.1) puede proporcionar demasiada información que se procesa a través de los PLC's con una conexión simple.
Esto minimiza peso en las charolas de cable y ahorro en soporteria.
5. Gran ahorro económico en mano de obra desde el primer día.
6. Flexibilidad en series largas y cortas.
7. Incremento de la producción y la productividad.
8. Escaso mantenimiento.
9. Reducción importante de los costes.
10. Soluciones y mejoras en la ergonomía.
11. Mejorar los tiempos de la producción, etc.

- ◆ Red abierta y estándar
Amplia gama de componentes y sistemas en el mercado
Red Multi-fabricante
- ◆ PROFIBUS es el líder de mercado en buses de campo
Soportado por los fabricantes de PLCs más importantes
- ◆ Ahorro
Red de célula y campo económica
+ costes calculables de instalación y cableado
- ◆ Componentes de la Automatización Totalmente Integrada
- ◆ Alto nivel de seguridad de datos
Uso de cables de fibra óptica o par trenzado
- ◆ Flexibilidad
Sistema con interfaces para una amplia gama de necesidades

Figura 1.6. Características del PROFIBUS.

Fuente www.siemens.com consultada el 27 septiembre de 2013.

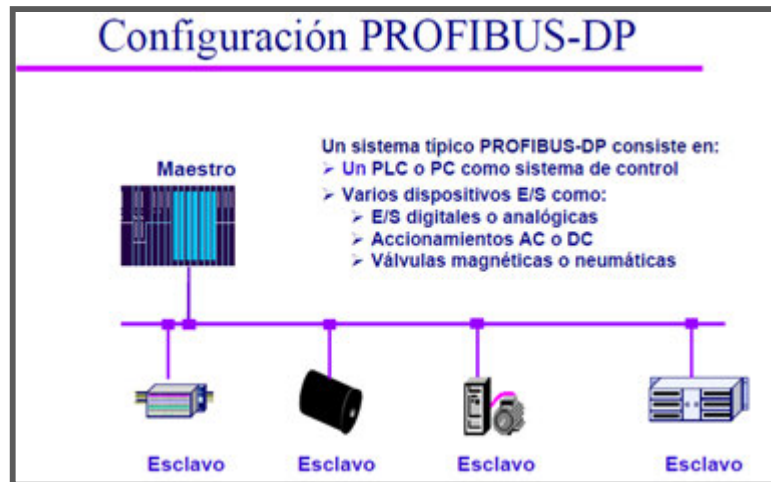


Figura 1.6.1. Conexión típica de PLC – Esclavo

Fuente www.siemens.com consultada el 27 septiembre de 2013.

Pero para llevar a cabo un diseño como lo veremos más adelante, se requiere comenzar con una lluvia de ideas de lo que queremos medir y observar, asimismo identificar cuáles son las herramientas en el mercado que nos ayuden a diseñar un proyecto propio y adecuado para los requerimientos del cliente.

Para ello es fundamental conocer el tipo de máquinas que son necesarias para un molino vertical, como: Sistemas Hidráulicos, Sistemas de Lubricación, Filtros de desempolvado, Bandas transportadoras, Ventiladores, bombas, sistema de agua, etc. estas definiciones se plasman en un diagrama de flujo que posteriormente traerán consigo las siguientes preguntas que se formulan el departamento eléctrico y de automatización.

Comenzaremos con la aplicación de una lluvia de ideas para formular un plan:

¿Qué tipo de máquinas vamos a automatizar y cómo?

¿Qué tipo de PLC´s requerimos y cuantas señales entradas y salidas analógicas hay?

¿Qué tipo de PLC´s requerimos y cuantas señales entradas y salidas digitales hay?

¿Cómo se diseñará la red?

¿Se ahorra en cableado?

¿Hay compatibilidad entre los PLC´s y el software de monitoreo?

¿Qué protección IP se requiere para los sensores y gabinetes?

¿Qué temperatura y altitud hay en el lugar de instalación?

¿Hay algún diagrama de flujo eléctrico con señales?

¿Hay diagrama unifilar para estudiar el consumo y calcular los Kilowatts por tonelada?

¿Cómo vamos a monitorear la potencia de los motores en baja tensión y como lo automatizaremos?

¿Qué beneficios le dará al cliente el automatizar el molino por completo?

En la Figura 1.6.2 después de una lluvia de ideas, en donde los departamentos del área eléctrica, mecánica y automatización, definen la cantidad de equipos para el diseño del Sistema de Protección de Maquinaria extraído de un diagrama de flujo con un esquema práctico, la cual será la base del diseño de la red que harán robusto el proceso de la molienda de cemento con todos los sensores montados en cada equipo mecánico, con la finalidad de llevarnos esas señales digitales y análogas, que tendrá un beneficio en el impacto del costo del cable, mantenimiento, búsqueda de fallas de forma inmediata y control de proceso en una forma exenta de desgaste físico y económico a través del sistema de reportes que se obtienen del sistema POLCID.

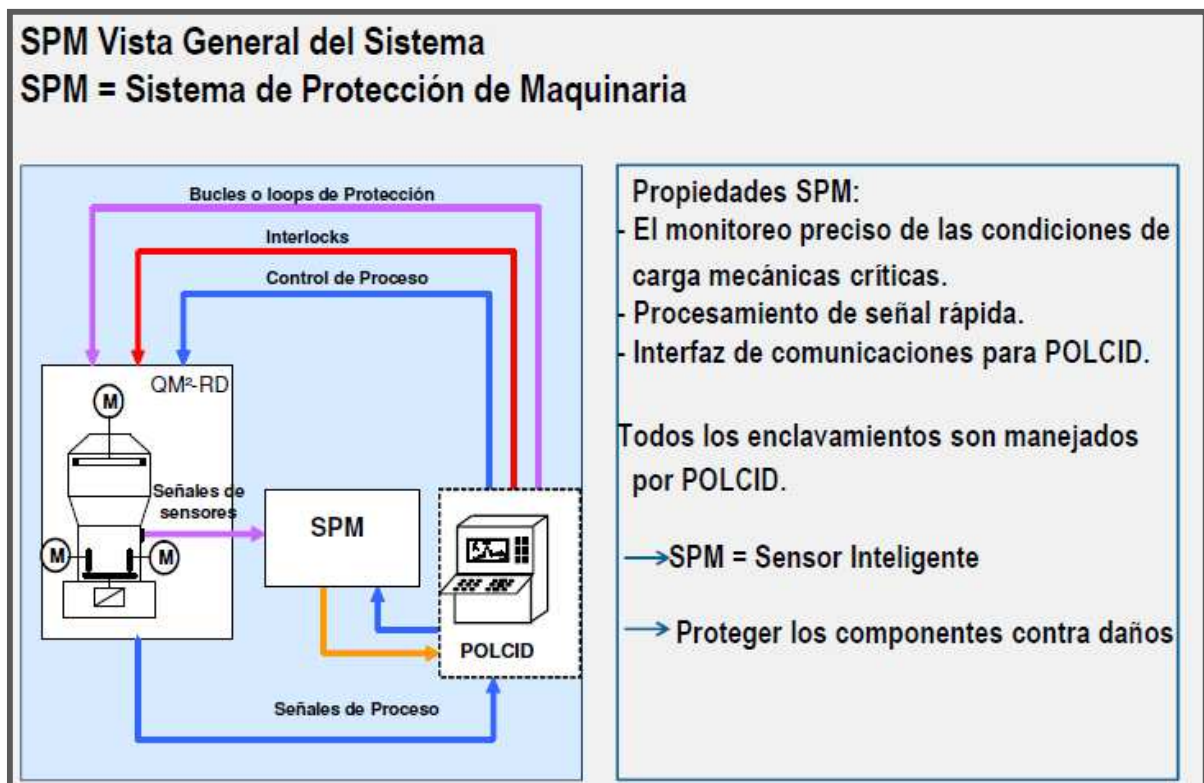


Figura 1.6.2. Sistema de protección de maquinaria.

Fuente: (Presentación de Polysius de México) consultada el 27 septiembre de 2013

1.7 Herramientas de la automatización en proyectos

Con la implementación de métodos numéricos en dispositivos de automatización el resultado es una gama de aplicaciones de rápida expansión y de enfoque especializado en la industria. La Tecnología asistida por computadora ahora sirve de base para las herramientas matemáticas y de organización utilizada para crear sistemas complejos. Ejemplos notables incluyen el diseño asistido por computadora (CAD) y Softwares de diseño como EPLAN, SIZER ELECTRIC son de gran apoyo para el desarrollo de la ingeniería.

La tecnología informática, junto con los mecanismos y procesos industriales, pueden ayudar en el diseño, implementación y monitoreo de sistemas de control. Un ejemplo de un sistema de control industrial es un controlador lógico programable (PLC). Los PLC's están especializados sincronizar el flujo de entradas de sensores y eventos con el flujo de salidas a los actuadores y eventos. La Interfaz hombre-máquina (HMI) o interfaces hombre-computadora se suelen utilizar para comunicarse con los PLC's y otros equipos.

El personal de servicio se encarga del seguimiento y control del proceso a través de los HMI, en donde no solo puede visualizar el estado actual proceso sino también hacer modificaciones a variables críticas del proceso.

Existen diferentes tipos de herramientas para la automatización como:

- DCS - Distributed Control System
- HMI - Human Machine Interface
- SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition
- PLC – Control Lógico Programable
- Instrumentación
- Control de movimiento
- Robótica

Aunado a esto encontramos una herramienta más como el software llamado POLCID, el cual controla el proceso de una planta de cemento o de un área, esto se observa en una estación de ingeniería, la cual el operador podrá observar y controlar el proceso, aunado a esto puede detectar inmediatamente una falla y reportarla de forma urgente al departamento de mantenimiento con detalle de la falla o de las fallas.

Este sistema se aplica a todo proceso en la industria cementera, minera y la industria de la calera. Como podemos observar (Ver Figura 1.7), el POLCID es una Estación de Ingeniería (PC tipo Work Station) con la carga de varios softwares incluyendo el POLCID, en la cual las señales de todo el proceso del cemento de un área o de una línea completa reportarán a esta estación proporcionando los datos importantes, como de presión, temperatura, flujo, nivel y señales de arrancadores de los gabinetes CCM (Centro de Control de Motores), variadores de frecuencia y actuadores (los actuadores son operadores de compuertas en tuberías de gases calientes o equipos hidráulicos).



Figura 1.7 Red de Profibus.

Fuente www.siemens.com consultada el 27 septiembre de 2013

1.8 Proyecto llave en mano para la industria cementera

Se denomina llave en mano a aquellas obras de ingeniería donde ingenieros y constructores son la misma entidad, dejando pues, solo en uno o dos el número de agentes, siendo el promotor el otro agente, que interviene en dicha obra.

Este tipo de contrato también es conocido internacionalmente por el término en inglés *turnkey contract*.

Normalmente consiste en que el cliente final recibe la infraestructura ya en funcionamiento, sin tener que realizar ni burocracia ni otras formalidades, muchas veces ya tiene hasta el mantenimiento asignado.

Existen necesidades que precisan de la integración de varios campos de actividad de muy diverso origen.

En la actualidad, no sólo hay que seleccionar la solución tecnológica más adecuada entre miles de combinaciones de proveedores, sino que es preciso también encontrar una forma de financiación, hay que diseñar la ingeniería y las instalaciones, transportar el equipo, instalarlo y ponerla en marcha, coordinar la formación del personal, obtener certificaciones de calidad y performance test.

El tiempo que se debe invertir en planificar todas estas etapas puede atrasar el arranque de un proyecto de un molino de cemento, causando riesgos económicos de acuerdo a la inversión del proyecto.

La misión de los proyectos llave en mano, es la de gestionar integralmente los proyectos aportando los siguientes beneficios:

- Ahorro de costos: evitando errores, reduciendo tiempos y uniendo lo deseado con lo posible.
- Administración de presupuesto: se invierte cuando se necesita.
- Interlocutor único: mejorando el traspaso de información y evitando errores de comunicación.
- Eficiencia: aplicando únicamente los medios necesarios para cada actividad.
- Flexibilidad total: elimina problemáticas de exceso o carencias de personal.
- Control de inversión: elegir cuándo y cuánto se quiere invertir.
- Mejora de la productividad: libera tiempo de profesionales internos.

Una manera de entender una gestión eficaz de proyectos engloba mejora continua con un proyecto de visión estratégica, definición del proyecto, ejecución y soporte continuo post-proyecto (Ver Tabla 1.8 y Figura 1.8.1).

<p style="text-align: center;"><u>Visión estratégica previa</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Estudio de factibilidad técnico económico. 2. Localización y obtención de fuentes de financiación. 3. Ahorro de energía y aumento de la producción. 	<p style="text-align: center;"><u>Definición de proyecto</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de solución tecnológica óptima. 2. Diseño de instalaciones. 3. Estudio logístico. 4. Definir que el molino cumpla con un ahorro sustentable de energía, aumente la producción y que sea amigable con el mantenimiento.
<p style="text-align: center;"><u>Ejecución</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Logística: transporte internacional puerta a puerta. 2. Construcción o adaptación de instalaciones. 3. Instalación y puesta en marcha del equipamiento. 4. Formación en sitio: en el manejo de los equipos y aplicación. 	<p style="text-align: center;"><u>Soporte continuo post-proyecto</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenimiento. 2. Suministro periódico de fungibles, consumibles, reactivos, etc. 3. Formación continuada y especializaciones. 4. Asesoramiento en la obtención de acreditaciones y certificaciones.

Tabla 1.8 Gestión Eficaz de proyectos

Los beneficios de un proyecto llave en mano para la industria cementera hace que los clientes tengan la flexibilidad de prepararse mientras se recibe el proyecto, es decir entrenar a su personal en la nuevas tecnologías que se hayan solicitado y especificado en los contratos, para después una vez terminado el proyecto en la fase post-proyecto, esté listo.

Anteriormente las empresas tenían ingenieros de diseño civil, mecánico y eléctrico, pero cabe mencionar que no todas las empresas que se dedican a esta industria tienen programas de nuevos proyectos tan frecuente, más bien ellos utilizan a su personal en la optimización de los procesos actuales.

Es ahí donde las empresas dedicadas al cemento como Thyssenkrupp y FLS Smith venden su tecnología y todo el proceso hasta entregar el proyecto completo para que solo el cliente controle sus procesos con su respectivo entrenamiento.

Las empresas cementeras y los proveedores extranjeros desarrollan los proyectos llave en mano de principio a fin, la cual incluyendo las disciplinas civiles, mecánicas y eléctricas. Más adelante se describirá el desarrollo de la ingeniería eléctrica y automatización desde su inicio hasta la puesta en marcha.

Cabe mencionar que la mejora continua en el desarrollo de la ingeniería de un molino vertical de este tipo instalado por primera vez en el mundo se basó en diseñar un proyecto robusto, la cual tuvo como finalidad el enfoque sobre la mejora continua y bajo el esquema de los conceptos Lean.



Figura 1.8.1 Mejora continua del sistema de gestión de calidad.

Conclusiones

En este capítulo, se describió la historia del cemento desde sus comienzos en la época antigua hasta su desarrollo en los siglos del XVIII al XXI³. Hasta ahora la demanda es muy grande en México y en Latinoamérica, por lo que la industria cementera, como una industria de proceso requiere que los proyectos llave en mano reduzcan el tiempo de ejecución haciéndolos más versátiles, es por esta razón que se requieren de herramientas en la automatización por medio de software para el desarrollo en todas sus etapas.

Por esta razón la industria cementera requiere de proveedores que realicen los proyectos llave en mano con calidad, eficacia y con la última tecnología para obtener beneficios basados en la mejora continua enfocados al desarrollo de la ingeniería eléctrica.

³ IECA Instituto español del cemento y de sus aplicaciones. (s.f.). Recuperado el 10 de Agosto de 2013, de <http://www.lemona.biz/EL%20CEMENTO-1/historia%20del%20CEMENTO.pdf>

CAPÍTULO 2

**Metodología de trabajo para el desarrollo de
la ingeniería eléctrica de un molino de
cemento vertical.**

Capítulo 2. Metodología de trabajo para el desarrollo de la ingeniería eléctrica de un Molino de Cemento Vertical

Introducción

En este capítulo se verá a detalle la metodología de las mejoras tecnológicas implantadas para el desarrollo de la ingeniería de un molino de cemento vertical para que los proyectos sean más productivos y eficaces en su desarrollo e implantación.

Hoy en día los molinos verticales con su nueva tecnología y automatización, resultan un beneficio importante para los fabricantes de la industria cementera. La ingeniería eléctrica y la automatización son los elementos más importantes, por lo que una organización logra tener éxito en proyectos de este tipo, debido a la mejora continua, como: recaudar informaciones de otros proyectos, auditorías, lecciones aprendidas, apoyo de la alta dirección para implementar mejoras y/o desarrollar nuevas tecnologías como este molino de cemento vertical de rodillos.

Las empresas que diseñan, fabrican y venden proyectos llave en mano, tienen que buscar herramientas de mejora continua para ser competitivos y que los equipos de trabajo que realizan los proyectos se hagan más versátiles y dinámicos con un beneficio de ganar más clientes y prestigio a la empresa basada en la calidad.

La automatización hoy en día, no solo en el equipo electro-mecánico sino también en el desarrollo de ingeniería, hace que los ingenieros de proyecto tengan una mejor precisión para la organización y desarrollo del proyecto, esto se debe en mayor parte a la integración de softwares como el SAP, que es un sistema que ayuda a crear la estructura de un proyecto y de su control económico.

Con la ayuda de una base de datos, se construye la información básica de todos los equipos eléctricos, esta es la base para comenzar un proyecto eléctrico de manera ordenada, para la ingeniería básica y de detalle. Otros softwares como el Sizer, EPLAN, AutoCAD, PDMS son softwares de ingeniería que ayudan al departamento de ingeniería eléctrica y automatización de la empresa Thyssenkrupp a realizar tareas de cálculos, planos y diseños de control con mayor precisión, esto evitará costos de calidad externos en la realización de los proyectos. El Sistema SAP proporciona productos y servicios de software para solucionar problemas en las empresas que surgen del entorno competitivo mundial, los desarrollos de estrategias de satisfacción al cliente, las necesidades de innovación tecnológica, procesos de calidad y mejoras continuas, pero más allá, nos ayuda a realizar en forma sistemática la estructura para realizar diagramas de flujo con un código llamado PLANUS¹ creado en el sistema SAP y por supuesto el control financiero.

Hoy en día toda industria debe ser automatizada con la finalidad de reducir al máximo actividades que requieren de mucho tiempo, lo que puede ocasionar retrasos importantes con repercusiones de penalidades costosas. POLCID es un software de alta importancia,

ya que ayudará al control de todo el proceso de la producción de cemento o incluso de una planta completa.

¹El código PLANUS es un código que nos dice que un instrumento o equipo eléctrico pertenece a un área de la planta, localización exacta, tipo de máquina y el tipo de dispositivo eléctrico por tensión y tipo de aparato eléctrico.

2.1 Comparación de un Molino de Cemento Vertical vs Molino de Bolas Horizontal

Es necesario presentar la definición de las características de los molinos con la finalidad de que los usuarios se percaten de los avances tecnológicos. En la tabla que se muestra a continuación se observan las características y cualidades de ambas tecnologías de molinos.



Pos.	Molino de Bolas	Molino de Rodillos Vertical
1		
2	Tecnología aprobada	Tecnología aprobada
3	Mantenimiento simple	Fácil Mantenimiento
4	Calidad del cemento aceptada por los clientes	Calidad del cemento aceptada por los clientes
5	Costo de inversion bajo	Costo de inversión alto
6	Flexibilidad moderada	Alta flexibilidad
7	Alto consumo de energía	Bajo consumo de energía
8	Menor produccion de cemento	Mayor produccion de cemento
9	Tecnologia pasada	Alta Tecnología
10	Capacidad baja de secado	Capacidad alta de secado

Tabla 2.1 Características Molino Vertical versus Molino de Bolas.

Se puede observar que los molinos verticales, en especial los de tres rodillos, con la tecnología más avanzada, se requiere que en principio se haga una inversión más alta, pero el rendimiento será mucho mayor conjuntamente con el ahorro eléctrico a largo plazo y el aumento de la capacidad de producción.

En la Tabla 2.1.1 se muestran las diferencias del tipo de Molino Vertical QUADROPOL de nueva tecnología, con menor consumo eléctrico, razón de su selección por la Cementera La Cooperativa La Cruz Azul.

Por ejemplo en Cruz Azul-Lagunas, el molino de cemento vertical de rodillos QUADROPOL produce 175 toneladas/ hora con un consumo 29.59 kWh/t y el Molino de Bolas 10 y 11 producen cada uno 85 toneladas/hora con un consumo de 49.95 kWh/t, lo que equivale un 40% adicional por día, en pagos de energía eléctrica a Comisión Federal de Electricidad (CFE).

	Molino Vertical 12	Molino de Bolas 10	Molino Bolas 11
Tipo de Molino			
Descripción de Acc.	Kilowatts	Kilowatts	Kilowatts
Accionamiento 1	1025	2231	2231
Accionamiento 2	1025	-	-
Accionamiento 3	1025	-	-
Ventilador principal	1600	400	400
Ventilador Booster	40	935	935
Separador	160	80	80
CCM	303	600	600
Total Consumo KW	5178	4246	4246
Consumo kw/tonelada	29.59	49.95	49.95
Capacidad	175 Toneladas	85 Toneladas	85 Toneladas
Optimizado	200 Toneladas =25 KW	N/A	N/A

Tabla 2.1.1 Eficiencia Eléctrica de Consumo kWh/t

También se nota que producir 85 toneladas es más caro que producir 175 toneladas por hora, no solo por el consumo de sus accionamientos, sino a todo el desarrollo con base en la mejora continua.

Cruz Azul eligió la tecnología de este molino de cemento vertical QUADRAPOL y fue instalado por primera a nivel mundial en la planta de Lagunas, Oaxaca. Para realizar este prototipo se basó en esquemas de mejora continua y con herramientas Lean y de calidad para hacer un producto robusto, que mediante la automatización y sensores hace que las máquinas den un mejor rendimiento permitiendo un mantenimiento preventivo oportuno.

Es importante mencionar que los molinos de bolas no pueden ser optimizados como un molino vertical, un molino de bolas optimizado dará a lo máximo un 3% adicional y esto se puede hacer mediante un sensor de control de la alimentación.

Sin embargo, los molinos verticales pueden ser optimizados mediante modificaciones en el plato o en los mismos rodillos o mediante aditivos como el glicol (facilita la molienda), que permiten hacer más eficiente el proceso de molido de cemento. Por lo que este tipo de molinos verticales que producen más de 175 ton/h son ahora en día la tecnología que cambiará el último proceso del cemento en un cambio radical para las nuevas moliendas.

2.2 Implantación de Métodos de Mejora Continua en proyectos llave en mano de Molinos de Cemento Verticales y de los procesos de ingeniería

El proceso de la mejora continua es usado para optimizaciones continuas para la efectividad y eficiencia de todos los procedimientos. Esto consiste en un proceso individual que puede ser descrito por el siguiente diagrama (Ver Figura 2.2.).

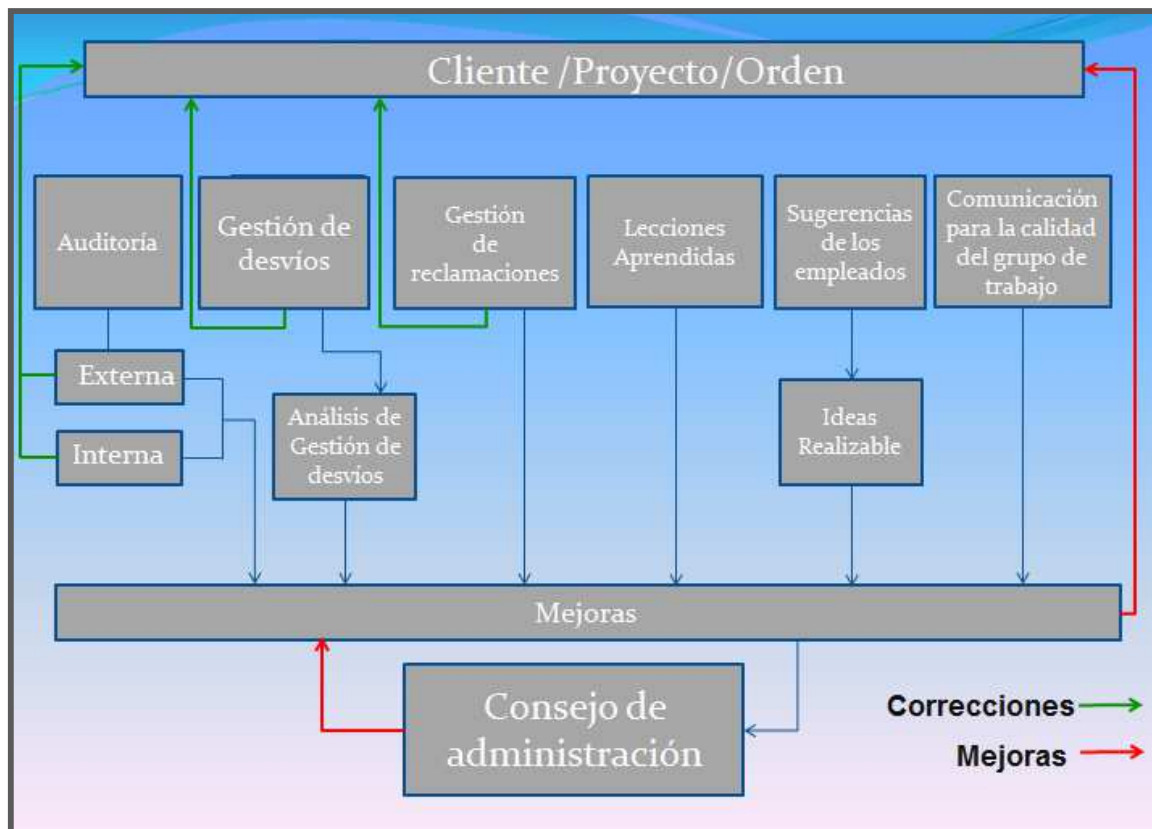


Figura 2.2 Proceso de la mejora continua.

1.- Auditoría

Una búsqueda de enfoque para el potencial de mejora en los procedimientos que toman lugar en el curso regular de auditorías internas y externas.

2.- Gestión de desvíos

A través de reportes de desviación como reportes de fallas en fase de ingeniería y obras, debido a fallas en los equipos suministrados por proveedores externos o internos o incluso de personal, son levantados en sitio o en la oficina y organizados para que estos sean estudiados para evitar fallas en futuros proyectos, esto genera un potencial para la mejora continua.

Todos estos reportes son evaluados por el consejo ejecutivo y expertos anualmente para implantar mejoras en el desarrollo de los proyectos.

3.- Gestión de reclamaciones

Los métodos, procedimientos y proceso del negocio de las reclamaciones son aplicadas a los proyectos de ingeniería y fase de venta, donde se determinan medidas preventivas de planeación y procedimientos para la eliminación de riesgos posibles.

Por otra parte, en la fase de proceso de una orden, se aseguran que los obstáculos de los programas de trabajo o no-conformidades y reclamos se manejen de una manera sistemática y de manera comprensiva.

4.- Lecciones aprendidas

Las lecciones aprendidas permiten una recopilación sistemática y un análisis positivo y negativo de la experiencia ganada por el personal encargado de la gestión de los proyectos durante la implementación de los mismos.

5.- Sugerencia de los empleados

El esquema de la sugerencia de los empleados que se ha establecido, permite recibir las ideas o sugerencias del personal que está involucrado en los proyectos, las cuales son supervisadas por el personal del sistema de administración de ideas y sugerencias, dicho departamento las evalúa y presenta al consejo ejecutivo para aprovechar lo mejor de los empleados y promoverlo a todos los niveles de la empresa.

6.- Comunicación para la calidad del grupo de trabajo

Esta es una plataforma que está afuera de día a día de las rutinas de trabajo, en los cuales se examina la competencia de trabajo en equipo de los procedimientos de la organización del mismo, lo cual fortalece la mejora continua, cada miembro del equipo que tiene la facultad de contribuir con nuevos temas para esta plataforma.

Personas responsables y las fechas se asignan a las medidas derivadas de los módulos de proceso de mejora continuos individuales. Los responsables tienen que determinar las causas y definir medidas correctivas y medidas de mejora que pueden ser monitoreados por un sistema de seguimiento de la acción hasta su implementación.

Si es necesario, las medidas individuales se ejecutan con ayuda del método Six-Sigma.

Estos seis pasos mencionados han sido implantados para que se haya llevado a cabo el nuevo diseño con el cual la empresa Thyssenkrupp ha triunfado sobre otras compañías con diseños de innovación que fueron prácticamente sustraídos de un proceso de largos años que con y solo con herramientas de calidad se puede crear Innovación que genera gran prestigio técnico, económico y que genera sustentabilidad y rentabilidad para quienes adquieren este tipo de tecnología.

2.3 Organigrama del equipo de trabajo para el diseño eléctrico y automatización de un proyecto llave en mano para un Molino de Cemento Vertical

Los equipos de trabajo en proyectos llave en mano siempre han sido regidos bajo organizaciones verticales, cabe mencionar que algunas empresas pueden manejarse horizontalmente y verticalmente, pero en proyectos llave en mano como es el caso de la construcción y diseño siempre, se ha manejado verticalmente.

La **Jerarquía** es el principio inspirador de la estructuración en vertical y significa la necesidad de crear diferentes niveles ordenados donde se desarrolle el principio de **Autoridad**: Poder legal o legítimo que da derecho a dirigir o actuar sobre un grupo de personas.

En la empresa, la autoridad es el poder de dirigir a otros para que se pueda alcanzar el objetivo o propósito planteado por el nivel jerárquico correspondiente.

Ese concepto de autoridad formal ha sido revisado por el concepto de **Liderazgo**, entendiéndose que la fuente de autoridad debe ser la competencia y las cualidades personales y su posterior aceptación por los colaboradores. La autoridad connota poder y se debe evitar el abuso.

Como criterio corrector de esa autoridad debe hacerse necesaria la **Delegación** de la misma. Algunos afirman que la responsabilidad nunca es delegable, pero si se consigue una correspondencia entre autoridad y responsabilidad pueden coordinarse si se cumple con la condición de rendición de cuentas y existe unidad de mando.

La **unidad de mando** significa que cualquier colaborador sólo dependerá de un solo jefe aunque estos jefes en cada nivel jerárquico operan bajo una unidad de dirección o con dirección única. La asignación clara de autoridad en el principio de **Descentralización**. En cualquier modelo de organización se pueden presentar problemas por la acumulación de funciones de autoridad y responsabilidad en los niveles jerárquicos superiores, produciendo los llamados “Cuellos de botella” que motivan una falta de agilidad en la toma de decisiones.

Para solucionarlo, hay que implantar en esa organización empresarial la descentralización de tareas efectuando **Delegación** tanto de autoridad como de funciones. Esa delegación debe ser el soporte básico en la estructura orgánica de la gran empresa moderna. Delegación y descentralización permiten participar a un mayor número de órganos y niveles de la estructura jerárquica y, por tanto, ampliar el campo de acción de la dirección y gestión empresarial. La imposibilidad de ejercitar una autoridad operativa sobre los componentes de la empresa hace necesario establecer niveles o jerarquización en escalones, ello facilitará el control de las actividades, pero plantea el problema del **Ángulo de autoridad**, es decir, el número de colaboradores. Algunos autores dicen que prevalece el sentido de que el ángulo reduce en la parte superior de la pirámide o alta dirección y se va ampliando hacia la base de la misma a lo largo de los niveles jerárquicos.

Pero antes definimos nuestro plan con base a costos y riesgos antes de formar los organigramas de trabajo, con la finalidad de establecer los equipos de trabajo del proyecto y poder definir las responsabilidades de cada ingeniero (Ver Figura 2.3.).

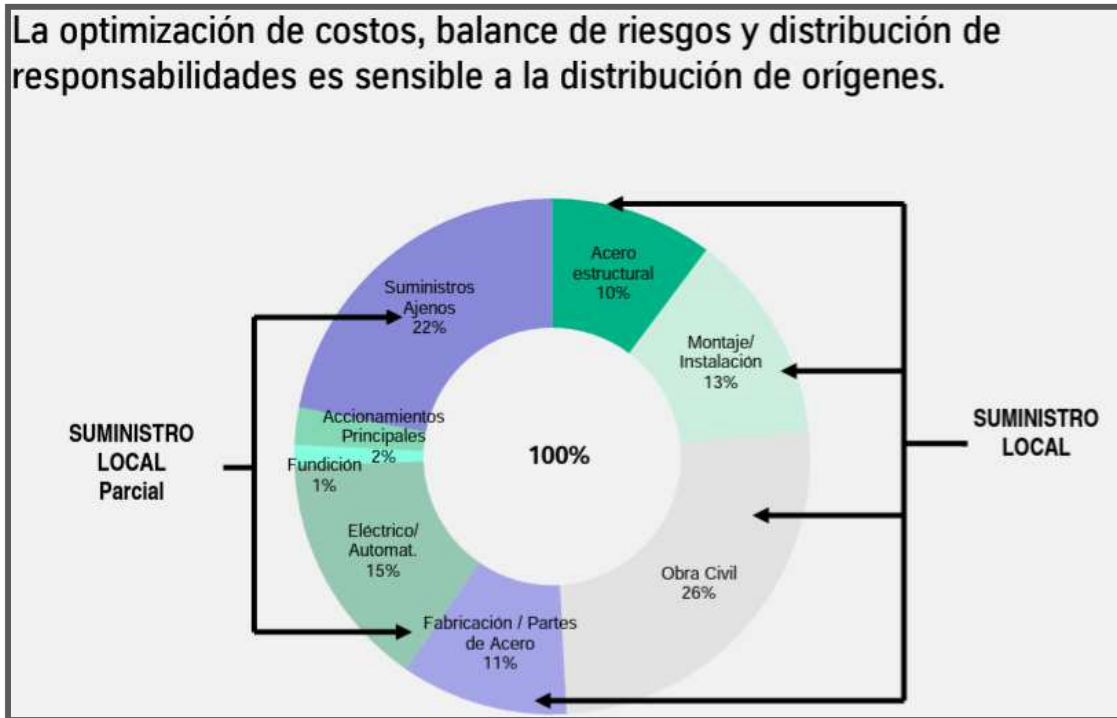


Figura 2.3 Optimización de costos y riesgos

Pero tenemos que basarnos en la estructura del contrato de compra-venta, y lo vemos más claro en ésta (Ver Figura 2.3.1.).

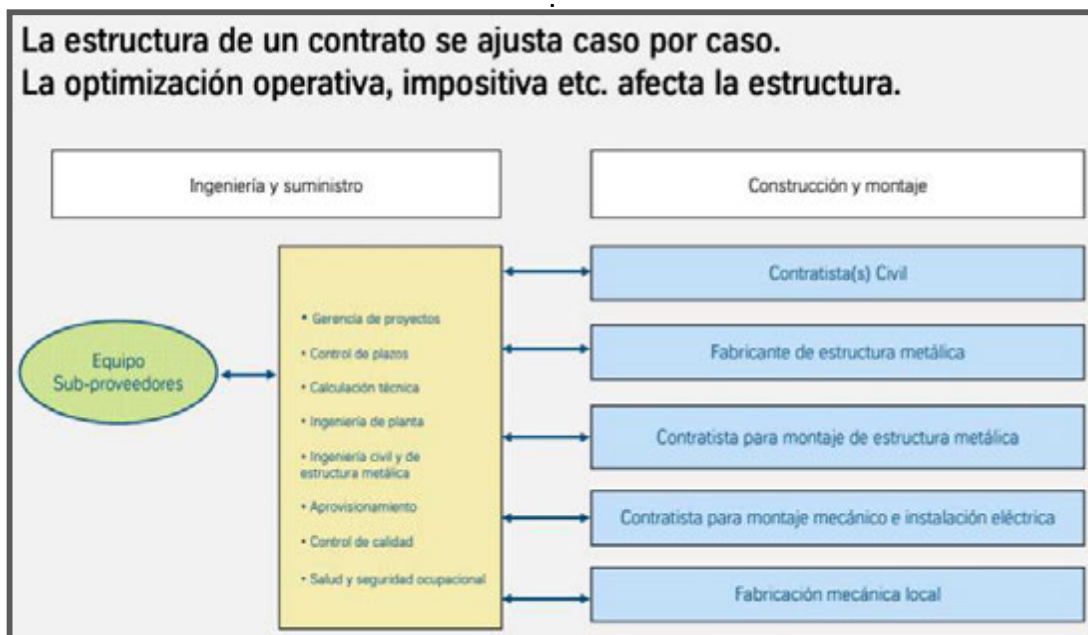


Figura 2.3.1 Estructura de un contrato

Después de observar la figura 2.3.1 podemos ver que ya tenemos definidos los alcances, ahora se pueden diseñar los organigramas verticales para el desarrollo del proyecto.

- 1.- Organización del proyecto (Ver figura 2.3.2).
- 2.- Ingeniería/Diseño Organizacional (Ver figura 2.3.3.).
- 3.- Organización obra (Ver figura 2.3.4.).



Figura 2.3.2. Diagrama Organización del proyecto

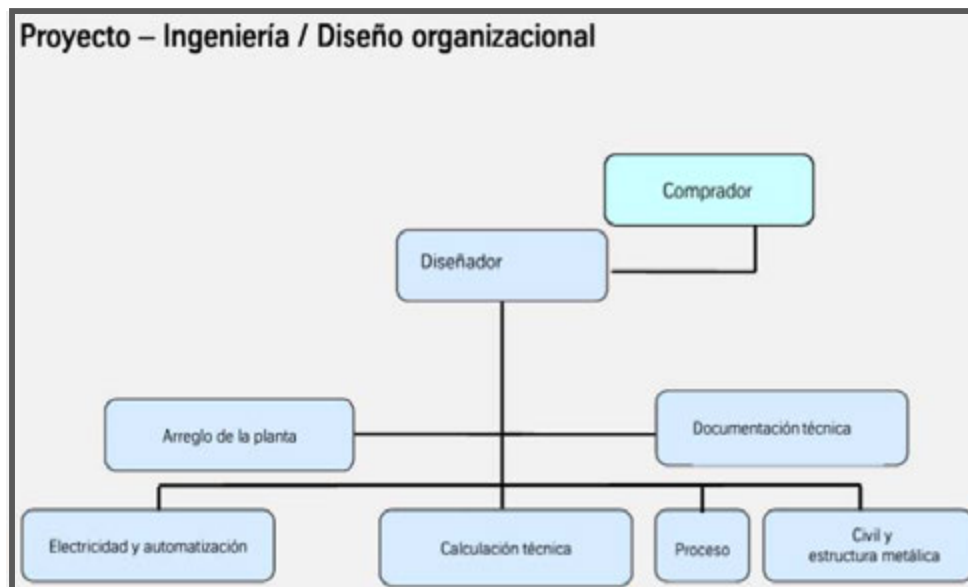


Figura 2.3.3. Diagrama Ingeniería y suministro y construcción y montaje.

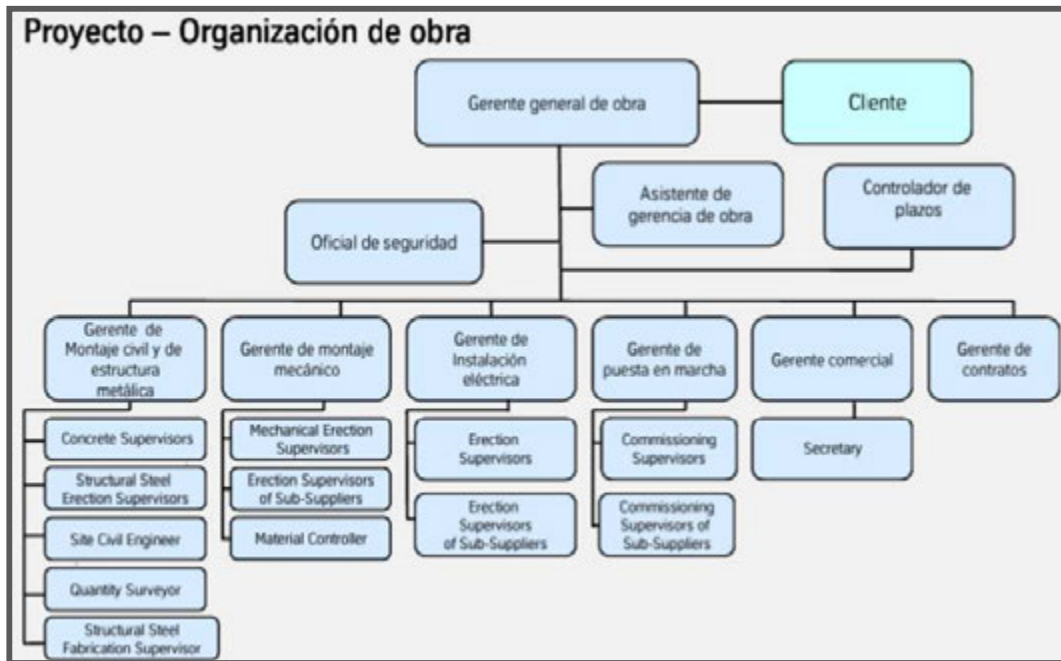


Figura 2.3.4 Organización Obra.

Bajo estos organigramas comenzara la estructura básica y la formación de los equipos de trabajo para el proyecto en general, ingeniería y obra.

Las personas que conforman los equipos de trabajo deben tener los conocimientos y aptitudes como lo son; el manejo de software, ingeniería, liderazgo y conocimiento de las técnicas de calidad para lograr el éxito basado en la mejora continua ya establecida en la figura 2.2 de esta tesis.

2.4 Definición del alcance eléctrico para un Molino Vertical.

Antes de comenzar en pensar en automatización, se debe considerar la parte eléctrica. Para ello definiremos:

- 1.- Ingeniería Eléctrica Básica.
- 2.- Detalle de la Ingeniería Eléctrica.
- 3.- Instrumentación y Automatización.
- 4.- Coordinación de la Ingeniería Eléctrica de detalle.

1.- Ingeniería Eléctrica Básica.

- Hoja de especificación de voltajes.
- Lista de motores y consumidores.
- Lista de medición y lista de señales.
- Lista de gabinetes.
- Hoja de datos para dimensionar los variadores de frecuencia.
- Dibujos de arreglos generales con localización de equipos.
- Selección de la instrumentación.
- Diagrama de Flujo Eléctrico.

2.- Ingeniería eléctrica de detalle.

- Gabinetes de media tensión.
- Gabinetes Control Central de Motores (Centro control de motores CCM).
- Gabinetes de Entradas y salidas
- Sistemas de Sub-controles.
- Salas Eléctricas y rutas de cables.
- Arreglo de Charolas.
- Tableros de alumbrado.
- Tierra y pararrayos.

3.- Coordinación de la ingeniería eléctrica de detalles.

- Coordinación con el departamento mecánico, proveedores, consultores y clientes.
- Auditoria de la unidad de verificación de instalaciones eléctricas (UVIE).
- Documentación para la puesta en marcha.
- Documentación final.
- Documentación As- Built.

En la figura 2.4 se muestra el enfoque de la ingeniería eléctrica donde se observa que la ingeniería básica es la pauta para que la ingeniería de detalle sea la base para la construcción.

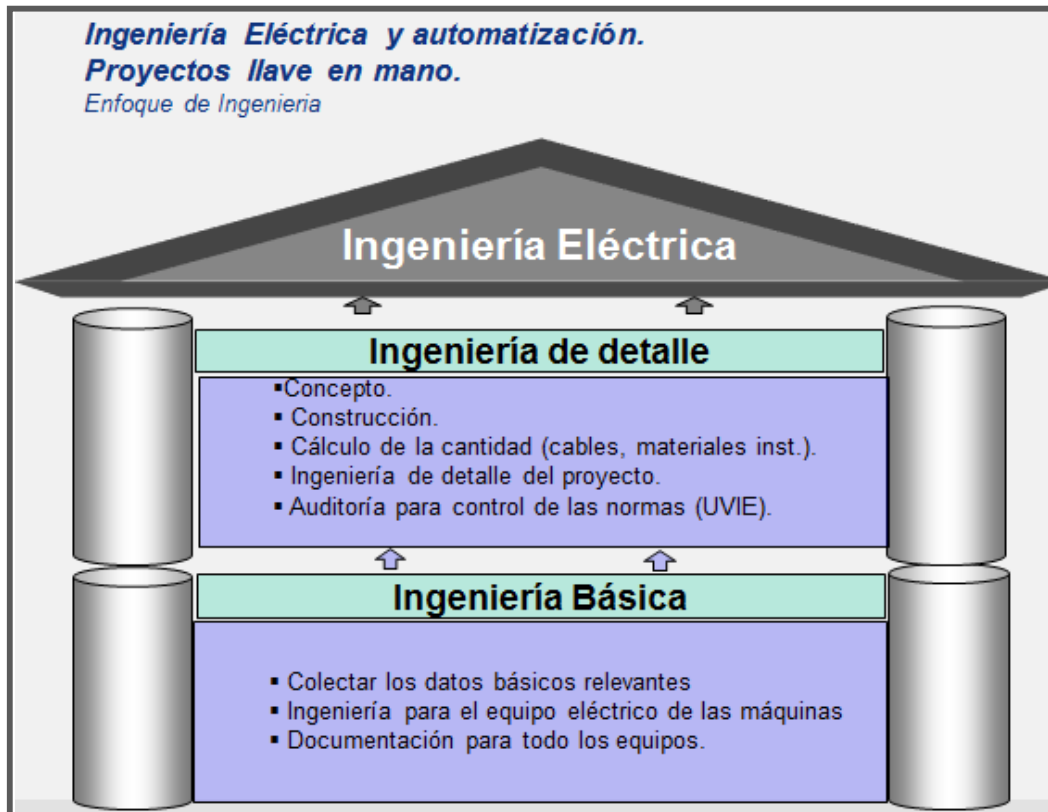


Figura 2.4. Enfoque de Ingeniería eléctrica y automatización

Recordemos que algo muy importante en el desarrollo de un proyecto eléctrico y de automatización depende de un trabajo en equipo con otras áreas como la civil, mecánica y de ventas.

En la siguiente figura 2.4.1 veremos cómo trabaja el departamento eléctrico para el desarrollo de este Molino Vertical, se puede observar que el departamento eléctrico depende de muchos departamentos, inclusive en el extranjero, ya que muchas de las decisiones más importantes se toman en Alemania para esto se requiere de software que pueda incluso desarrollarse en Europa y América en los horarios correspondientes de trabajo.

Cabe mencionar que la automatización para desarrollo de la ingeniería de un proyecto como este no solo es automatizar el proceso de un molino, sino también la reducción de tiempos en el desarrollo de la ingeniería automatizando la forma de trabajo con programas de ingeniería aptos.

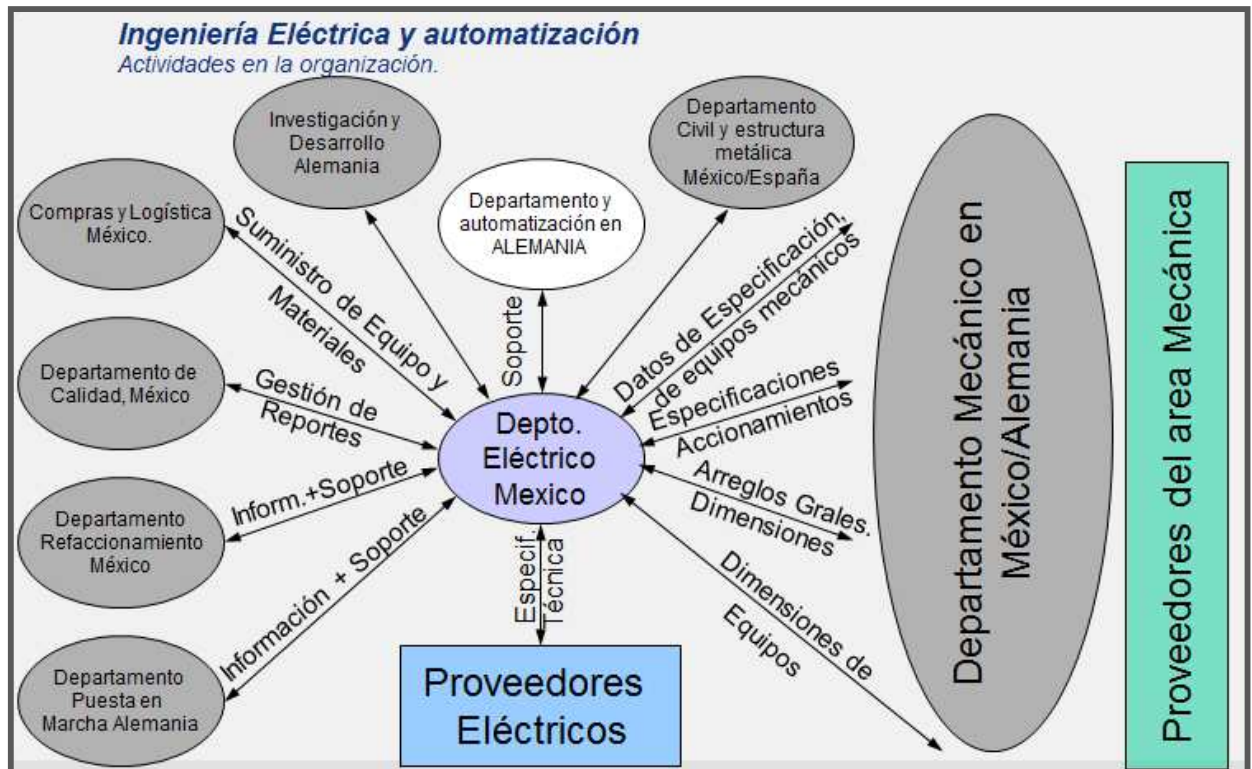


Figura 2.4.1. Áreas que influyen en el departamento Eléctrico y Automatización

2.5 Estructura de identificación de los equipos electromecánicos con base en PLANUS

El proyecto contemplo el empleo de SAP se debió por las siguientes razones:

- Control Técnico
- Control Económico

Desde un punto de vista técnico los sistemas de control de los equipos eran insuficientes por las siguientes razones:

- No permitían una estructura neutra.
- Las posiciones eran numeradas consecutivamente.
- Uso de diferentes números para clasificar un equipo.
- Sin posibilidad de borrar la identificación de un equipo.
- La búsqueda no solo era difícil sino imposible.
- La descripción era inadecuada y causaba dificultad para ubicar el equipo.

Con SAP estas dificultades quedan atrás, dado que es amigable y nos permite llevar a cabo una estructura exacta bien definida para la localización y con la descripción de la maquinaria en un área de una planta de cemento tal como se ve en la figura 2.5.

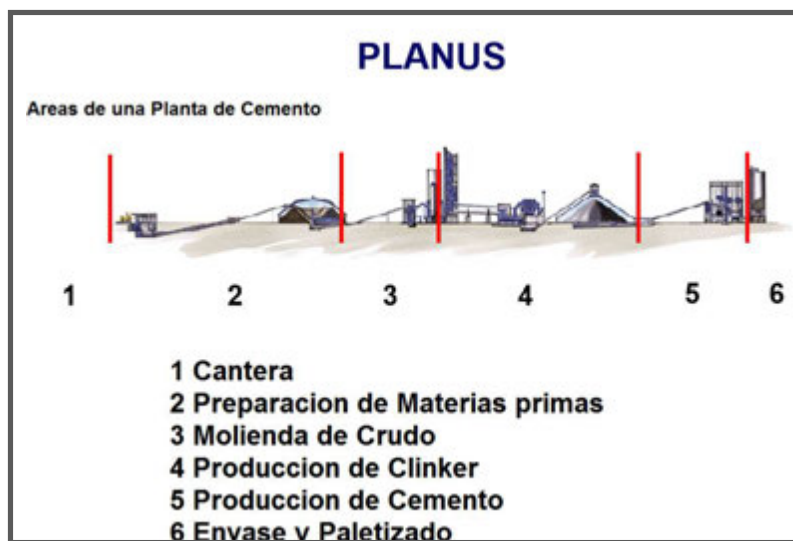


Figura 2.5 Proceso del cemento con estructura PLANUS

Fuente: Thyssenkrupp.com, consultada el 10 Septiembre de 2013.

En la Figura 2.5 se ven definen las áreas, por ejemplo en esta tesis se analiza del nivel 5, correspondiente a la producción de cemento, pero dentro del área de cemento hay muchos equipos que cuentan con una característica especial, con sensores distintos y con características diversas.

Ejemplo 1		PLANUS					
Nivel	Descripción	Clasificación y número de ident.					
1	Nom. Proyecto LAGCEM D000260						
2	Produccion de cemento	5					
3	Planta de molienda de cemento	F1					
4	Molino de rodillos QUADRAPOL		QM01				
5	Drive			DRV01			
6	Sensor de Temperatura PT100					B8104	
	D000260 .5F1.QM01.DRV01-B8104						

Tabla 2.5.1 Estructura de Planus de un sensor de temperatura.

En la tabla 2.5.1 observamos un sensor de temperatura en un drive, que pertenece al molino de rodillos del área de la molienda de cemento. Con este tipo de estructura bien definida pueden ser identificados cada sensor o instrumento. Esta estructura tiene la definición “Planus”, elaborada y planeada bajo en el sistema SAP.

Verificamos una pequeña parte de una lista grande de sensores e instrumentos esenciales para la automatización (ver Tabla 2.5.2).

B42 Interruptor de proximidad (Cerrado/izquierdo)
B50 Transductor de medición de presión
B70 Interruptor de presión
B81 Sensor de temperatura PT100
B82 Sensor de temperatura Ni-Cr-Ni
M20 Motor Jaula de Ardilla
M50 Actuador
M61 Válvula Solenoide 1 Bobina

Tabla 2.5.2 Lista de Sensores y transductores.

Para que se pueda realizar una estructura exacta sin fallar, se requiere de experiencia en electromecánica o en ingeniería eléctrica, además de mucha experiencia en equipos para cemento.

Estas definiciones son parte de una optimización para los proyectos llave en mano en la industria del cemento, esto conlleva a la exactitud de las señales a automatizar y también a planear los costos y más aún, la exactitud en el montaje (Ver figura 2.5.3).

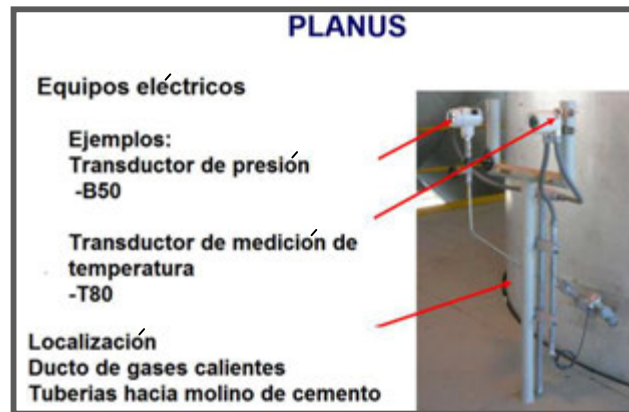


Figura 2.5.3 Montaje de Instrumentos

Pero la estructura ayuda a identificar:

1. Identificación Planos Eléctricos, civiles y mecánicos por cada área de la planta.
2. Identificación de cada equipo, instrumento, sensor, motor, actuador etc.
3. Totalmente útil para la logística.
4. Identificación de los equipos para su lista de empaque.
5. Montaje y construcción.

Esta herramienta de una estructura controlada, optimiza todo el proceso de ingeniería básica, ingeniería de detalle pero para todas las áreas que trabajan conjuntamente para el desarrollo de los grandes equipos que conforman una cementera.

El realizar proyectos grandes y majestuosos, a la vez requiere de control en todos los sentidos, hay veces que las ideas no están bien plasmadas y esto lleva a fracasos de proyectos que pueden ser no tan complicados y complejos como es el proceso del cemento, pero sin conocer el tipo de herramientas que hay en el mercado como es el desarrollo del Software y su aplicación, entonces habrá una desorganización total en proyectos.

Parte de la mejora continua es contar con un mejor control cada vez, los softwares que se mencionan a continuación traen consigo mejoras para el desarrollo de la ingeniería de un Molino Vertical prototipo, el cual deberá ser robusto.

2.6 Aplicación de técnicas Lean para optimizar la ingeniería eléctrica

Anteriormente no había tantas herramientas para el desarrollo de la ingeniería. El desarrollo de un proyecto prototipo de un molino vertical debe tener un diseño robusto y absolutamente bien calculado por la parte eléctrica, con un tiempo de ejecución óptimo para el cliente, entonces la búsqueda de herramientas y la explotación de las mismas debe basarse bajo en la aplicación del concepto de Lean, que se centra en añadir valor y en reducir al máximo el desperdicio:

- Disminuir las pérdidas de tiempo y focalizar esfuerzos en Calidad.
- Consiste en el principio de "menos es más".
- Al Simplificar procesos podemos centrar más en lo esencial.
- Básicamente se busca evitar la "no-conformidad".

Es por esta razón bajo el concepto de LEAN que se ha optimizado lo siguiente para el desarrollo de la ingeniería eléctrica mediante el uso de herramientas como softwares que ayudan a la optimización del desarrollo de la ingeniería eléctrica:

- SAP
- Access Data Base
- AutoCAD
- PDMS
- Sizer
- Eplan

SAP ("Systems Applications, and Products in Data Processing")

(SAP The Best-Run Businesses)

SAP proporciona a las personas y a las organizaciones la capacidad de trabajar de forma conjunta y eficiente, y de utilizar más efectivamente una visión informada del negocio para llevarles la delantera a los competidores.

Consideramos que la calidad del software y del producto desencadena el crecimiento y crea valor nuevo para los usuarios y, en última instancia, para sectores enteros y para la economía en general.

En SAP se crea la base de datos principal de la estructura del proyecto (Ver figura 2.6), en la cual toda la estructura técnica y la estructura económica tienen un control absoluto que nos permite tener un orden en el proyecto.

SAP ayuda a optimizar incluso la estructura de nuestro diagrama de flujo, lo que cada parte que se actualice, tendrá un impacto en el diagrama de flujo revisado en Alemania y México durante el desarrollo de la ingeniería.

La estructura en SAP, se realiza con respecto a la asignación de cada parte tanto mecánica como eléctrica y también refleja su costo por más pequeña o grande que sea,

veamos el ejemplo de una unidad de lubricación para el molino de cemento Vertical (Ver figura 2.6).

Empleo y optimización de esta herramienta en el desarrollo de la ingeniería de un proyecto de un molino vertical:

- Estructura del diagrama de flujo eléctrico y mecánico.
- Status de proyecto en la situación económica.
- Manejo de la logística como generación de pedidos.
- Generación de la correspondencia.
- Generación de la estructura del proyecto y Almacenaje de la documentación.
- Compras y Logística.
- Manejo de costos.

Product Structure	Short Text
• D000409 SF1 QM01 KYS01-M6101	Solenoid valve (1 coil)
• D000409 SF1 QM01 HY302	Hydraulic system
• D000409 SF1 QM01 LBS01	Lubrication system
• D000409 SF1 QM01 LBS02	Lubrication system
• Superior Functional Location	
• Subordinate Functional Location	
• D000409 SF1 QM01 LBS02-B6301	Flow sensor
• D000409 SF1 QM01 LBS02-B6302	Flow sensor
• D000409 SF1 QM01 LBS02-B7001	Pressure switch
• D000409 SF1 QM01 LBS02-B7002	Pressure switch
• D000409 SF1 QM01 LBS02-B7701	Level limit switch
• D000409 SF1 QM01 LBS02-B8101	Temperature sensor Pt100
• D000409 SF1 QM01 LBS02-E3801	Heater
• D000409 SF1 QM01 LBS02-M2001	Motor (low voltage)
• D000409 SF1 QM01 LBS02-M2002	Motor (low voltage)
• D000409 SF1 QM01 LBS02-T4301	Evaluator
• D000409 SF1 QM01 LBS02-T4302	Evaluator

Figura 2.6 Estructura en SAP de una unidad de Lubricación

ACCESS Data Base

Para desarrollar la ingeniería eléctrica y de automatización a través de una herramienta de Microsoft Office llamada ACCESS, se fundamenta en la creación de una base de datos que puede ser actualizada por los ingenieros de México y Alemania conjuntamente a cualquier hora y en cualquier lugar del mundo, con su central del servidor central en Alemania, Beckum.

Cabe mencionar que la alimentación principal de ACCESS se basa en SAP, si SAP no tiene los datos de cada elemento esto tendrá un impacto en ACCESS y también repercutirá en el diagrama de flujo.

Las ventajas de optimizar el desarrollo de la ingeniería con el ingreso de todos los datos de los equipos eléctricos y mecánicos son:

- Voltajes de los equipos.
- Instrumentos de niveles, presión y temperatura.
- Tipos de señales Entradas y salidas digitales y análogas y cajas de control.
- Sensores de todo tipo.
- Motores y CCM's

- Calefacciones
- Tableros de alumbrado y cajas de soldadura.
- Gabinetes de media tensión.
- Bombas, compresores.
- Clapetas.
- Filtros de desempolvado.
- Sistemas Hidráulicos y Sistemas de lubricación.
- Otros.

Por ejemplo un Sistema Hidráulico tiene sensores de nivel, presión, temperatura y válvulas solenoides, esta máquina llega a tener entre 10 y máximo 50 señales dependiendo el tipo de molino de cemento, el proceso de una base de datos en ACCESS está indicado en la Figura 2.6.1.

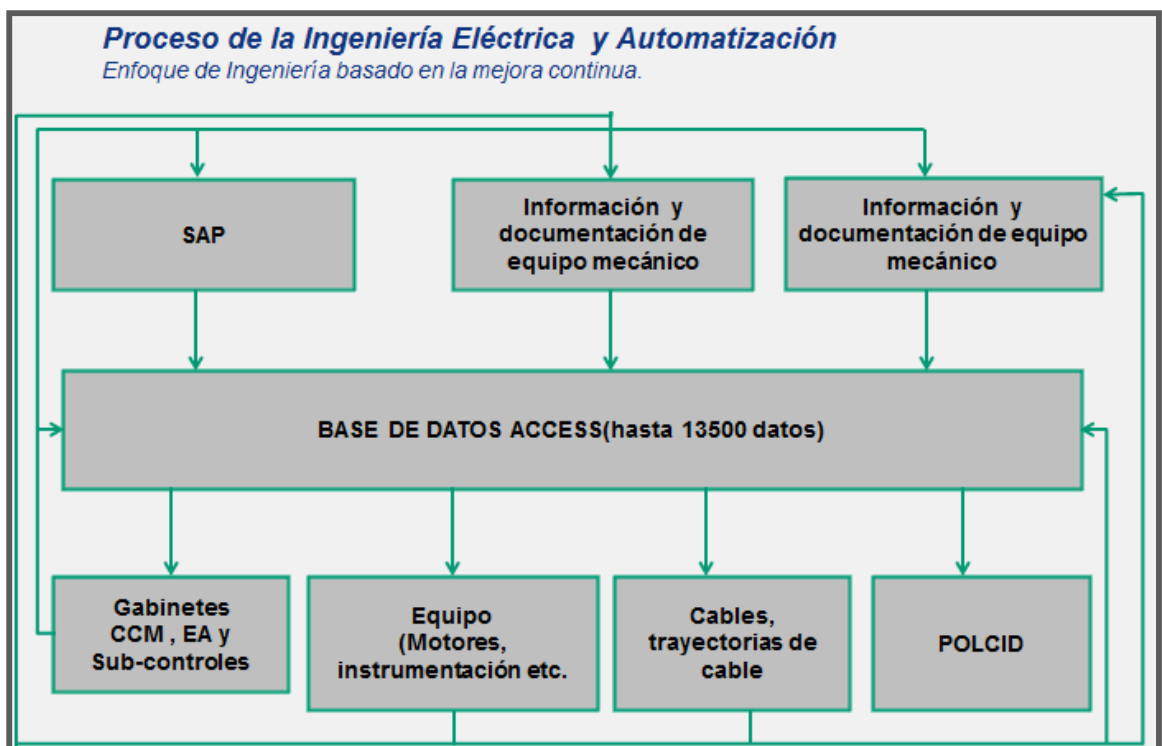


Figura 2.6.1 Proceso de la Ingeniería Eléctrica.

En la figura 2.6.2 se indican como el proceso de entrada de datos viene de SAP, los ingenieros mecánicos y eléctricos deben de dar de alta cada elemento de cada máquina con el número de su estructura Planus, y solo en ACCESS se detallan los datos técnicos de cada sensor, motor, instrumento y/o gabinete. Esta ingeniería Básica y de detalle marca la pauta para la automatización de los equipos.

De ahí proviene la documentación del proyecto eléctrico y de automatización, es realmente una herramienta que las mejores firmas de ingeniería del mundo automatizan y reducen los tiempos de desarrollo de los proyectos.

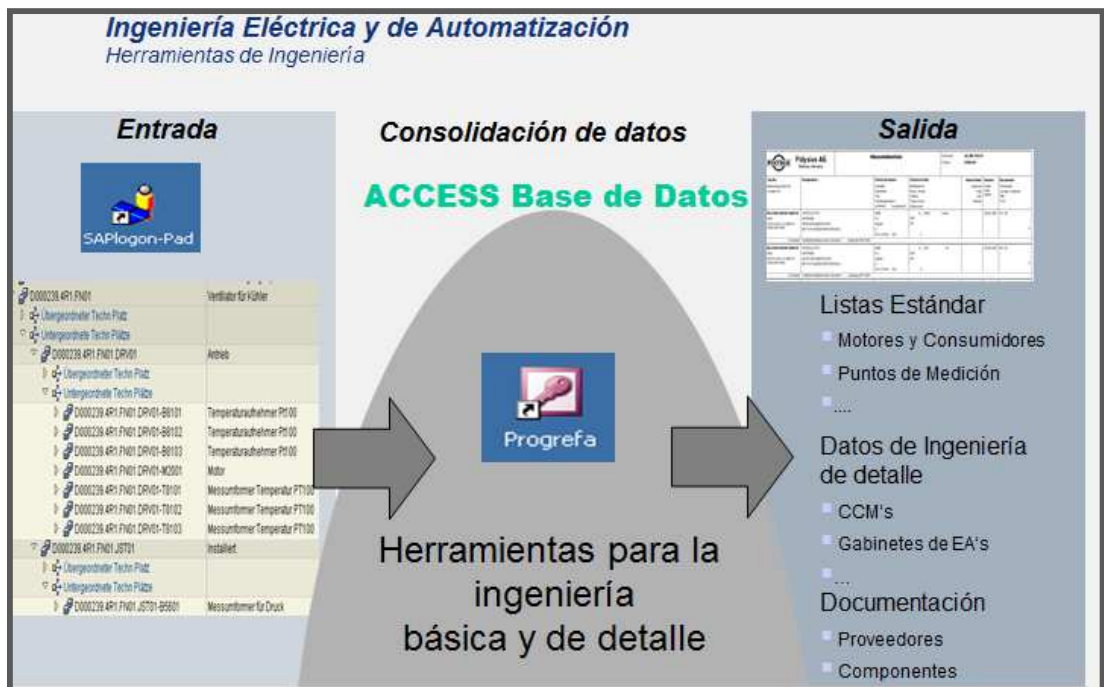


Figura 2.6.2 Representación de la estructura de SAP a ACCESS

Así como la entrada la salida es esencial (Ver figura 2.6.3), ya que este documento contiene los datos exactos de un sensor por ejemplo, marca, voltaje, tipo de contacto, tipo de señal y especificaciones técnicas las cuales ayudarán al personal de puesta en marcha para calibrar los elementos para acelerar los procesos en los arranques.

Ejemplo de una salida de ACCESS

Polysius AG		Measuring point list		Component	MEASURING POINT
Measuring point name	Measuring point description	Measuring point location	Measuring point type	Measuring point value	Measuring point unit
Measuring point name	Measuring point description	Measuring point location	Measuring point type	Measuring point value	Measuring point unit
Measuring point name	Measuring point description	Measuring point location	Measuring point type	Measuring point value	Measuring point unit
Measuring point name	Measuring point description	Measuring point location	Measuring point type	Measuring point value	Measuring point unit
Measuring point name	Measuring point description	Measuring point location	Measuring point type	Measuring point value	Measuring point unit
Measuring point name	Measuring point description	Measuring point location	Measuring point type	Measuring point value	Measuring point unit
Measuring point name	Measuring point description	Measuring point location	Measuring point type	Measuring point value	Measuring point unit
Measuring point name	Measuring point description	Measuring point location	Measuring point type	Measuring point value	Measuring point unit
Measuring point name	Measuring point description	Measuring point location	Measuring point type	Measuring point value	Measuring point unit
Measuring point name	Measuring point description	Measuring point location	Measuring point type	Measuring point value	Measuring point unit

Figura 2.6.3 Impresión de un listado de señales creado en ACCESS
Fuente: [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 10 Septiembre de 2013.

AutoCAD (AUTODESK AUTOCAD MECHANICAL)

Es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 2D y 3D, es uno de los programas más usados por arquitectos, Ingenieros y diseñadores industriales.

El uso del 3D normalmente no es muy explotado, pero es demasiado útil, ya que esto permite a los ingenieros y diseñadores tener un levantamiento de los arreglos mecánicos y también eléctricos, y con esto evitamos colisiones que no se pueden ver en 2D.

Es muy normal en las obras que las colisiones o incluso la falta de vistas en los planos ocasionen hacer re-ingeniería en sitio, esto implica retrasos en los tiempos establecidos en el cronograma, ya que esto incurre en comprar accesorios que no estaban contemplados.

Para el área eléctrica el uso del AUTOCAD es en las dos modalidades 2D y 3D, la optimización en 3D junto con el PDMS hacen una herramienta potencial en la mejora continua de los proyectos llave en mano.

Empleo y optimización de esta herramienta en el desarrollo de la ingeniería de un proyecto de un molino vertical:

- Planos de Ingeniería de detalle como eléctrica, civil, mecánica. Ejemplo en la figura 2.6.4. a) se puede observar el molino en un diseño de AutoCAD en 3D. y en la figura 2.6.4. b) se puede observar el molino en un diseño de AutoCAD en 2D.

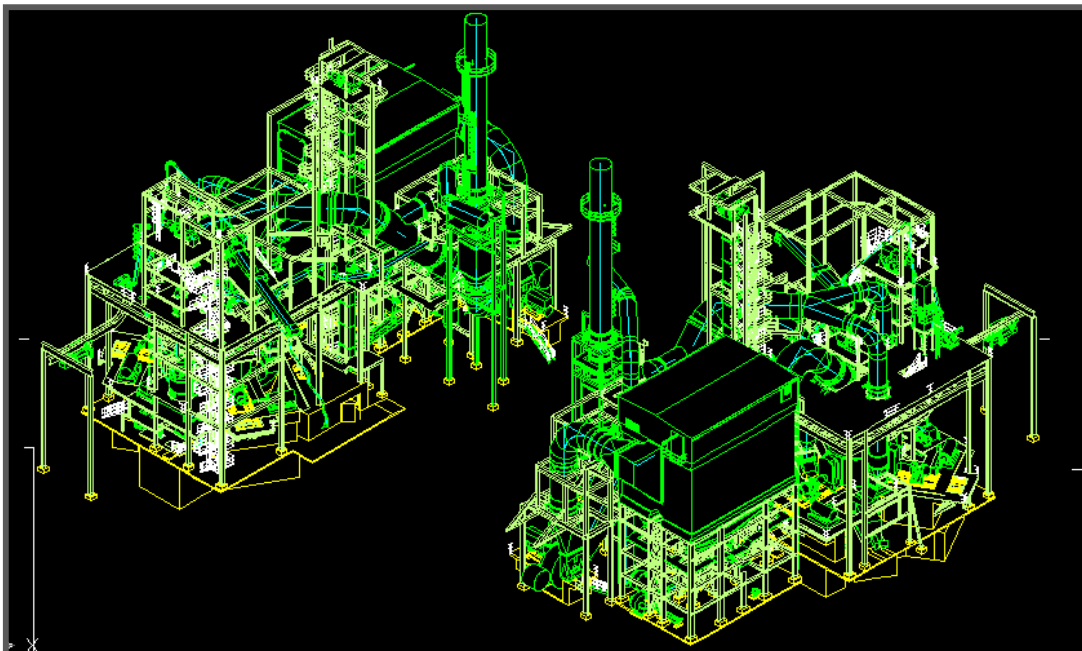


Figura 2.6.4. a) Molino de Cemento Vertical en AutoCAD 3D.

Fuente [Cooperativa La Cruz Azul](#). consultada el 10 Septiembre de 2013.

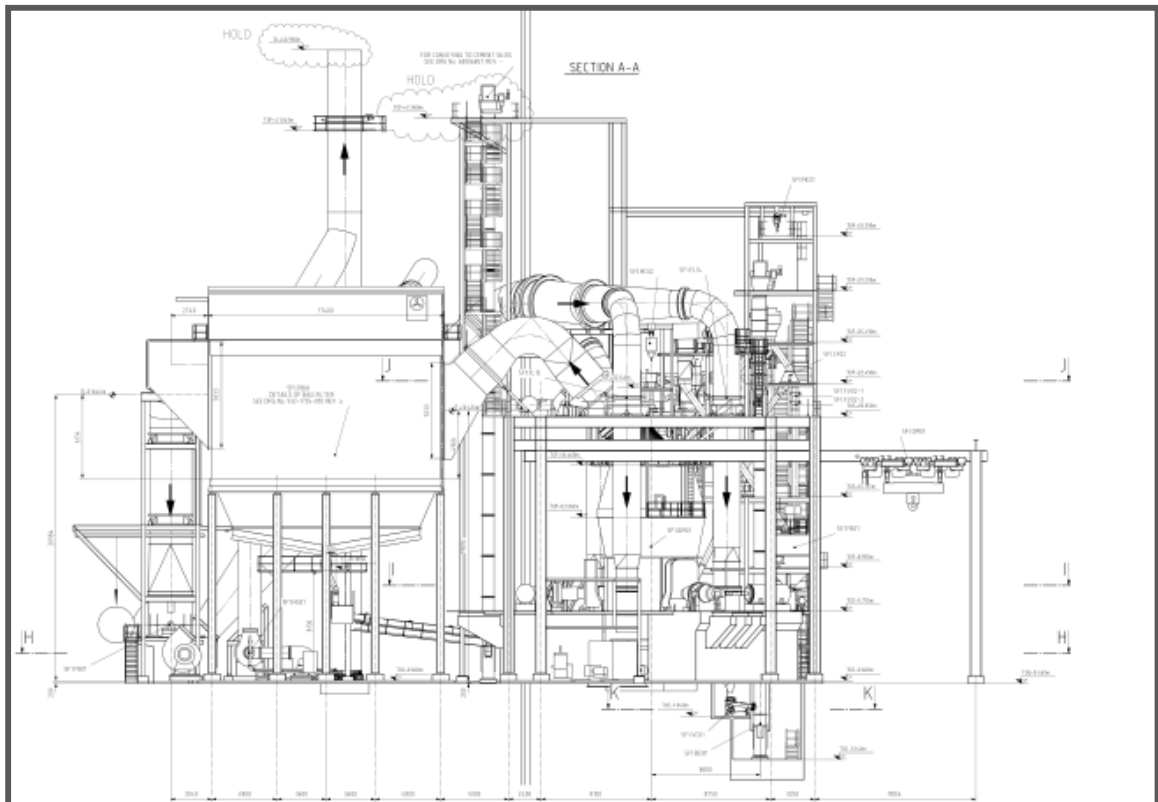


Figura 2.6.4. b) Molino de Cemento Vertical en AutoCAD en 2D.
 Fuente [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 10 Septiembre de 2013.

PDMS (Plant Design Management System) (AVEVA PDMS)

Es un software de ingeniería y diseño en 3D de plantas industriales. Es multi-usuario (ingeniería y diseño concurrente), multidisciplinario y personalizable a través del lenguaje propietario PML y últimamente de .Net. Típicamente es utilizado por empresas de ingeniería para el desarrollo de proyectos llave en mano, plantas de refinamiento, cementeras, centrales térmicas y plantas de energía, industria química, farmacéutica, papeleras y plantas de proceso en general.

Con este programa se ven exactamente a detalle las colisiones de todas las áreas, como la civil, mecánica, eléctrica y utilities, y permite mucho antes de implementar el proyecto a la realidad que se corrijan los errores de manera preventiva sin ocasionar gastos innecesarios por mala ingeniería, debido a errores de no situarse en la dimensión del plano.

Empleo y optimización de esta herramienta en el desarrollo de la ingeniería de un proyecto de un molino vertical:

- Arreglos mecánicos generales
- Ingeniería de utilities (Servicio de aires acondicionados, tubería de agua, aire y aceite).
- Ingeniería eléctrica.

Veamos como ejemplo en la figura 2.6.5 realizado en PDMS la forma en que se ve el detalle más profundo a diferencia del AutoCAD.

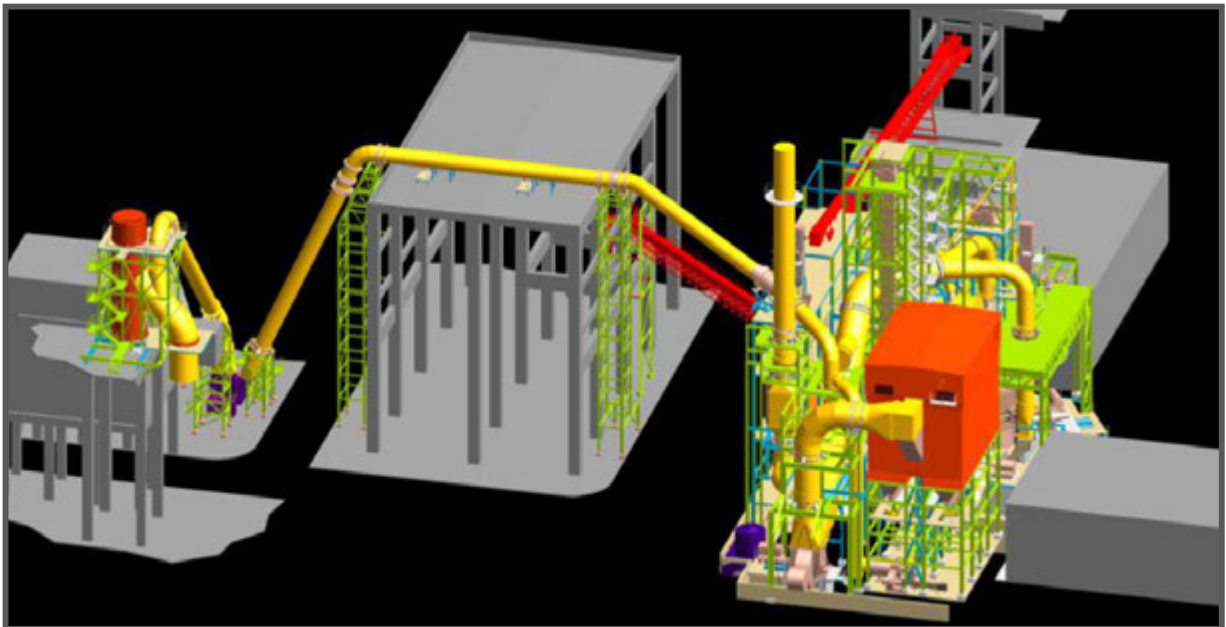


Figura 2.6.5 Plano completo de un molino de cemento vertical en su diseño PDMS.

Fuente: [Cooperativa La Cruz Azul](#) ,consultada el 10 de Septiembre de 2013.

SIZER 3.7 (Sizer Electric)

Es una aplicación para plataforma Windows que permite realizar la selección del calibre de conductores eléctricos, de charolas y tubo conduit, utilizando las más avanzadas técnicas de programación, para mejorar el rendimiento de sus procesos de ingeniería.

Sizer simplifica los procesos empleando una base de datos que conjunta toda la información necesaria para la realización de cálculos e incorpora dentro de la lógica de operación los criterios aplicables para una correcta selección de conductores eléctricos basados en los criterios de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, de Instalaciones Eléctricas.

El uso de una misma aplicación para los proyectos asegura que todos los cálculos son realizados de la misma forma y bajo el mismo procedimiento. Es un programa de fácil uso

y es muy amigable, ya que simplifica la captura de datos al tiempo que lo hace de forma intuitiva y automatizada.

Cuenta con una amplia biblioteca de valores para evitar la búsqueda de información en diferentes fuentes y realiza una extensa validación de resultados.

Empleo y optimización de esta herramienta en el desarrollo de la ingeniería de un proyecto de un molino vertical:

- Cálculo de cables de potencia de media tensión (ver figura 2.6.6)
- Cálculo de cables de baja tensión (Ver figura 2.6.7)
- Generación de cedulas de cable de acuerdo con los parámetros de la norma.

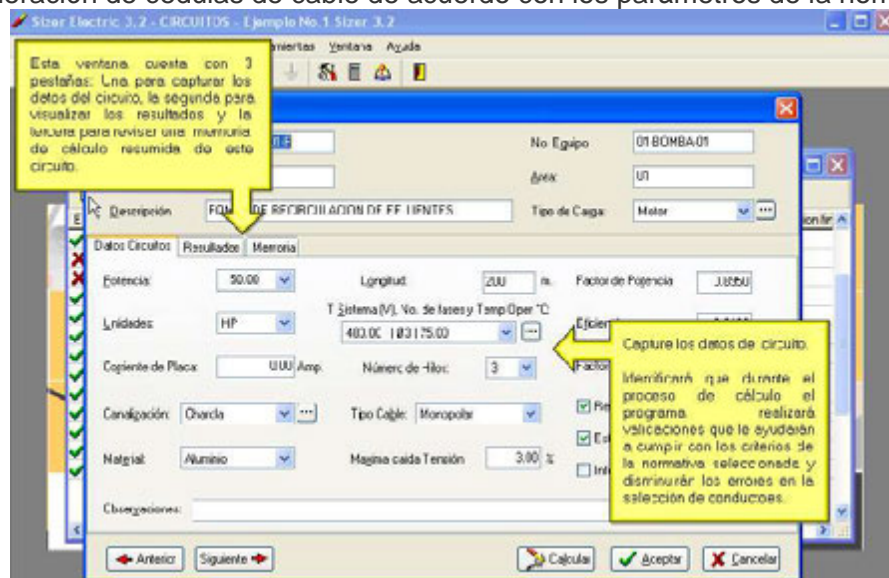


Figura 2.6.6 Ejemplo de ingreso de los datos para cálculo de conductores.

Fuente <http://sizerelectric.com/> consultada el 5 Octubre de 2013.

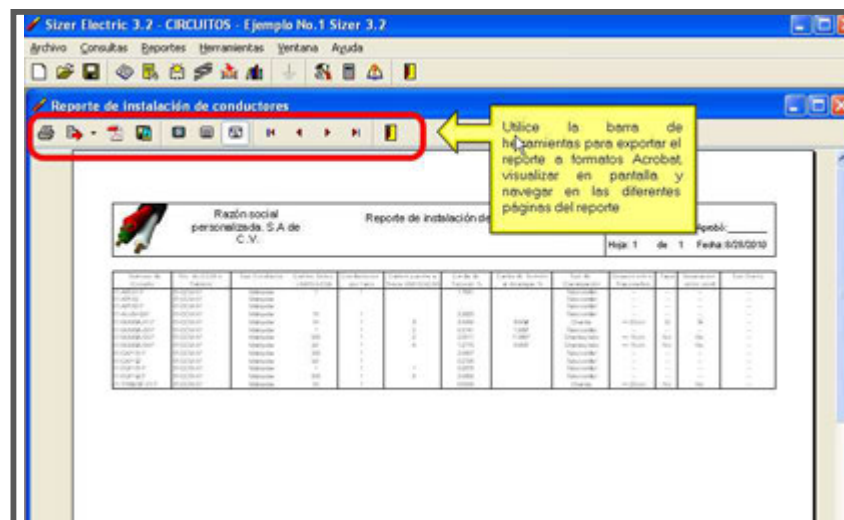


Figura 2.6.7 Reporte final Cédula de Cable y memoria de cálculo.

Fuente <http://sizerelectric.com/> consultada el 5 Octubre de 2013.

CDEGS (Current Distribution, Electromagnetic Fields, Grounding and Soil Structure Analysis) (SESTECH)

El paquete de software CDEGS (distribución actual, los campos electromagnéticos de tierra y análisis de la estructura del suelo) es un potente conjunto de herramientas integradas de software de ingeniería diseñados para analizar con precisión los problemas que afectan a tierra/tierra, los campos electromagnéticos, interferencias electromagnéticas incluyendo estudios de mitigación de interferencia AC / DC y varios aspectos de la protección catódica y análisis de cama de ánodos con una perspectiva global, partiendo literalmente desde cero.

CDEGS calcula corrientes conductoras y los campos electromagnéticos generados por una red arbitraria de conductores energizados en cualquier lugar por encima o por debajo del suelo en condiciones normales, rayos y transitorios. CDEGS modelos conductores simples y multi-componente, incluyendo, tubos recubiertos desnudos y sistemas de cable de tubo cerrados enterrados en estructuras complejas del suelo.

CDEGS y sus sub-paquetes, junto con el apoyo gratuito de equipo de diseño I + D más importantes del mundo en estas especialidades, ofrecen una gran variedad de soluciones rentables para problemas que van desde diseños simples de la red de puesta a tierra con el comportamiento de las redes y conductores enterrados energizados por rayos u otros transitorios.

Empleo y optimización de esta herramienta en el desarrollo de la ingeniería de un proyecto de un molino vertical:

- Diseño de Tierras.
- Puesta a Tierra.

Lo anterior es con la finalidad de cumplir con el cálculo exacto del comportamiento del sistema de tierras de acuerdo a los potenciales para el diseño de la malla con la finalidad de evitar fallas de puesta a tierra cuando los equipos estén en funcionamiento.

EPLAN

Ofrece posibilidades ilimitadas para la planificación de proyectos, documentación y gestión.

La producción automática de informes detallados basados en los diagramas de cableado es una parte integral de un sistema de documentación completa y proporciona las siguientes fases del proyecto, como la producción, el montaje, puesta en marcha y servicio con los datos requeridos.

Este software es un optimizador para el diseño de control de los gabinetes de Entradas y salidas, además del diseño del Centro Control de Motores (CCM), ya que esta herramienta nos permite realizar la ingeniería sin errores.

Con este software de diseño nos ayuda también en la fase de puesta en marcha y para realizar los cambios que se hayan suscitado durante la fase de pruebas.

Empleo y optimización de esta herramienta en el desarrollo de la ingeniería de un proyecto de un molino vertical:

- Ingeniería de detalle de Centro control de motores
(Ver figura 2.6.8 a)
- Ingeniería de automatización de redes y gabinetes de entradas y salidas
(Ver figura 2.6.8 b).
- Ingeniería de cajas de control.



Figura 2.6.8.a) Centro control de Motores

Fuente www.natus.de consultada el 20 de Septiembre de 2013.



Figura 2.6.8.b) Tablero de entradas y salidas.

Fuente www.natus.de consultada el 20 de Septiembre de 2013.

2.7 Elaboración de diagramas de flujo del proceso preliminar.

Una vez detallada la estructura del proyecto en SAP, el departamento de ingeniería por medio de típicos ya elaborados, se modifican de acuerdo a las necesidades especiales de los clientes en AutoCAD y se ingresan solamente los instrumentos, sensores, motores, cajas de control que sean necesarios de acuerdo a lo especificado en el contrato.

Los diagramas de flujo eléctricos nos indican todos los equipos y sus sensores, es una forma fácil de identificar las partes de control y fuerza que componen una máquina tal como motores con variador de frecuencia, sistemas de lubricación, sistemas hidráulicos, sensores de posición, y esto nos ayuda también para el diseño de las redes, las cuales son la que automatizarán por completo, como en este caso el molino de cemento vertical.

La simbología de los diagramas de flujo, contienen todo lo requerido identificar cada parte, se incluyen tanto instrumentos como equipos de fuerza de baja y media tensión (ver Simbología en figura 2.7).

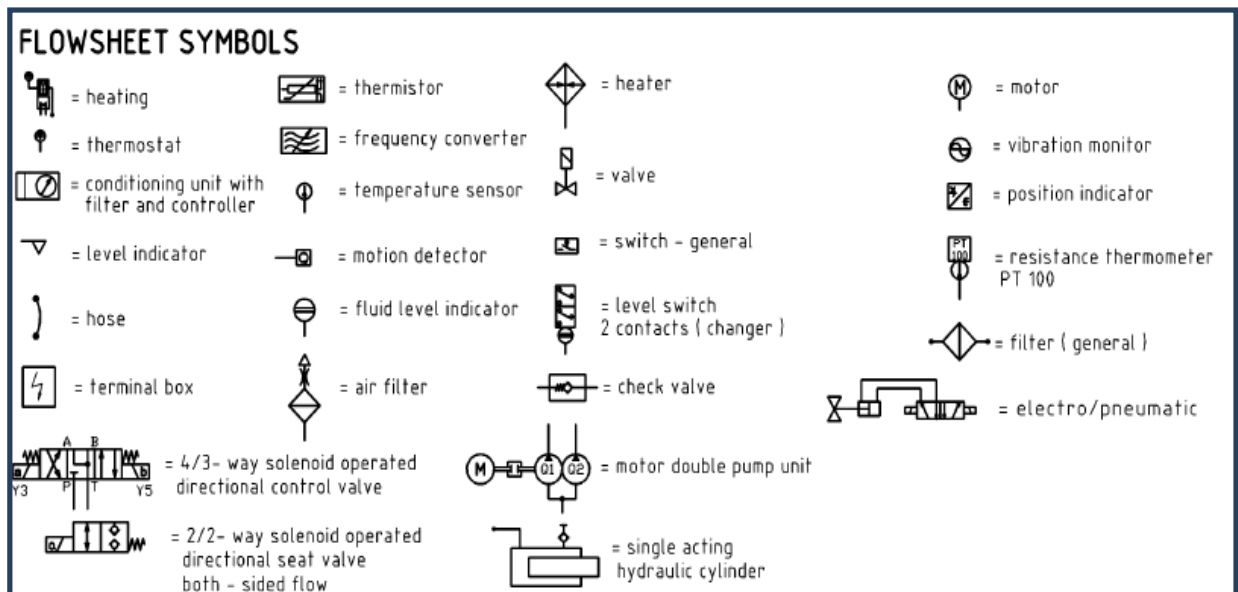


Figura 2.7 Simbología de diagrama de flujo eléctrico.

Fuente www.isa.org , consultada el 10 de Agosto de 2013.

En la figura 2.7.1 se marca con un círculo verde los dos transductores en la tubería de gases calientes y se observa cómo se verían montados en la figura 2.5.3 en la página 54.

Veamos nuestro siguiente ejemplo marcado en la figura 2.7.1, el círculo marcado con rojo abarca los equipos que conforman un separador, si observamos después del guión se ve todo el equipo que pertenece a **SE01** (Significa SEPARADOR), quiere decir que el líder del proyecto eléctrico tiene que revisar si son los únicos sensores y motores que hay para esa parte en especial.

5F1.SE01.DRV01-M2001 es el motor principal de separador y el 5F1.GRU01.DRV01-M2001 es su reductor del separador.

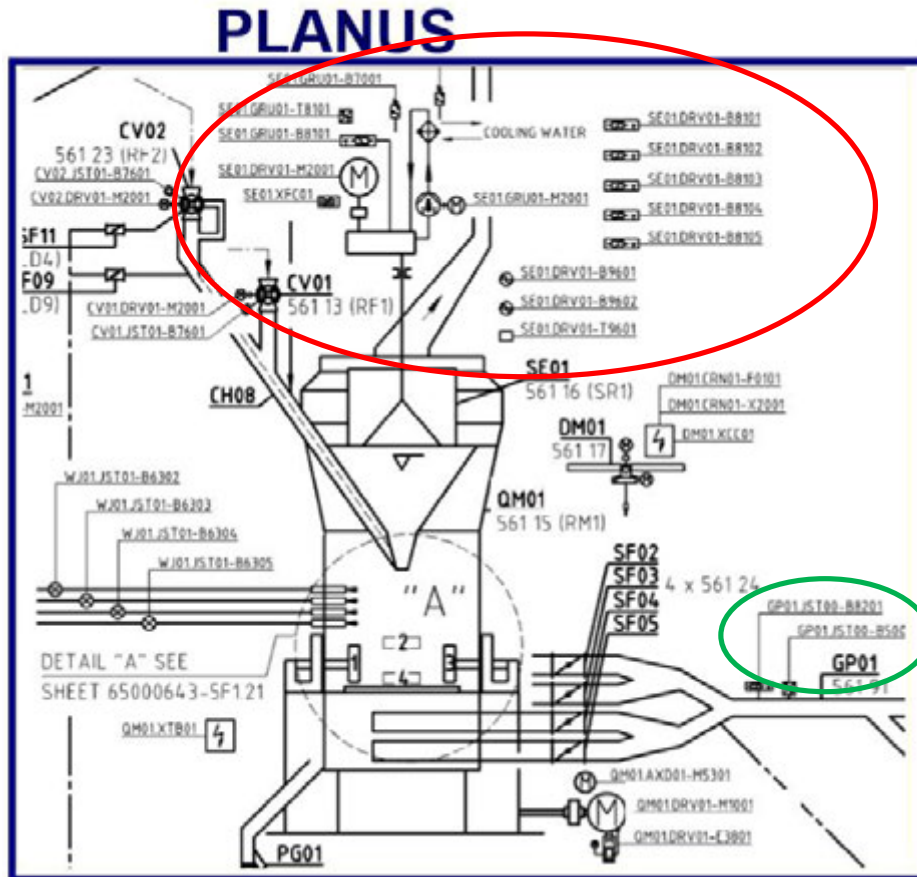


Figura 2.7.1 Ejemplo de un diagrama de flujo.

Fuente [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 20 de Septiembre de 2013.

Ventajas de los diagramas de flujo eléctrico.

- Favorecen la comprensión del proceso al mostrarlo como un dibujo ya que el cerebro humano lo reconoce muy fácilmente.
- Un buen diagrama de flujo reemplaza varias páginas de texto.
- Permiten identificar los equipos, motores, instrumentos etc., por área de proceso en una planta de cemento o en una ampliación.
- Muestran las interfases cliente-proveedor y las transacciones que en ellas se realizan, facilitando a los empleados el análisis de las mismas.
- Son una excelente herramienta para capacitar a los nuevos empleados y también a los que desarrollan la tarea, cuando se realizan mejoras en el proceso.

2.8 Establecimiento de bases técnicas y tiempos de entrega con proveedores

Es importante establecer las bases técnicas y los tiempos de entrega con los proveedores para realizar un cronograma. Lo anterior, a través de una lluvia de ideas con la finalidad de evitar retrasos en el proyecto. Se deberán seguir los siguientes pasos:

Paso 1

- 1.- Definición de equipo mecánico en base a los cálculos del molino de cemento.
- 2.- Licitación del equipo mecánico de acuerdo a especificaciones y guías de compra^[1].
- 3.- Entrega de la ingeniería de proveedor mecánico y elaboración de cronograma.
- 4.- Ingreso de los datos para la estructura en SAP
- 5.- Ingreso y actualización de la base de datos.
- 6.- Elaboración del diagrama de flujo.

La experiencia nos ha mostrado que para evitar retrasos es importante implementar el paso 2.

Paso 2

- 1.- Alentar a la competencia a más de un proveedor y hacer licitaciones.
- 2.- Establecer Guías de Compra⁴.
- 3.- Solicitar a los proveedores cronogramas de entrega de ingeniería bajo los estándares y normas del proyecto, pruebas previas al envío de equipo, entrega en sitio y cartas de garantía.
- 4.- En la parte económica se establecen reglas como penalizaciones en caso de incumplimiento por entrega de ingeniería y de entrega del equipo en sitio.
- 5.- Solicitud de fianzas para los ganadores de la licitación.

Una vez que los proveedores cumplen con el **Paso 2**, entonces se procede a realizar un cronograma para la fase de ingeniería eléctrica y de automatización con el **Paso 1**, aprobado por el área eléctrica para compra de equipo eléctrico y de equipo electro-mecánico.

Los cronogramas de trabajo son realizados en Microsoft Project una vez que se obtengan los datos del paso 2.

⁴ Guías de compra -son las especificaciones que un proveedor tiene que tomar en cuenta como normas para el equipo, marcas específicas, normas de elaboración de ingeniería, condiciones y características del lugar de instalación.

2.9 Aplicación de POLCID para efficientar proyectos y beneficios a la calidad en la industria del cemento

El sistema POLCID (Thyssenkrupp) reúne un amplio conocimiento en procesos técnicos y los más modernos componentes de hard- y software básico de fabricantes de renombre mundial dedicados a componentes y sistemas para el control de procesos, configurando así una herramienta perfectamente adecuada a las necesidades del sector.

El usuario se beneficia así a la hora de controlar, regular y supervisar el proceso de una calidad de producto, flexibilidad, rentabilidad y regularidad en la producción muy estables en el tiempo y a unos altísimos niveles. Otras ventajas son la seguridad en la planificación, la garantía de la inversión, la continuidad y un servicio post-venta, perfectamente conocedor de los procesos.

POLCID incluye interfases para sistemas de mando inferior típicos del sector, como se utilizan en básculas dosificadoras, en quemadores de hornos o en parques de pre-homogeneización. Hay multitud de sistemas »All round« para el control de procesos, pero la práctica ha demostrado que muchas de estas soluciones no sirven para las complejas funciones de automatización en la industria de los bienes de equipo.

Un Know-how en automatizaciones de muchos años, un fundado conocimiento en procesos e instalaciones y las actuales exigencias del mercado han llevado a desarrollar un producto perfectamente configurado para cumplir las especiales exigencias de la industria del cemento, de la cal y de minerales.

De hecho, se ha desarrollado una solución abierta de automatización, que con la integración de la última técnica informática realiza tanto funciones ya acreditadas como totalmente nuevas.

El POLCID integra igualmente componentes que permiten conectar sistemas para la planificación de recursos empresariales, de gestión, de mantenimiento y de automatización de la expedición a través de interfaces estandarizados y específicos del sector.

El POLCID con su consecuente estructura modular es así la herramienta perfecta para satisfacer cualquier configuración particular, desde la instalación individual hasta la línea completa de producción. La configuración modular y la plataforma abierta del sistema ofrecen unas posibilidades de adaptación prácticamente ilimitadas, lo que hace que el sistema esté preparado óptimamente para cualquier necesidad futura.

La opción de actualización es parte integrante de los Servicios, por lo que está disponible incluso después de varios años. Estas actualizaciones pueden realizarse sin necesidad de parar la planta o con libranzas muy breves.

La conversión automática utiliza la estructura existente, lo que permite el cambio en un tiempo breve. Todo ello sin necesidad de volver a diseñar y poner en marcha ambas operaciones que requieren de tiempo pues no se modifica la funcionalidad de las instalaciones.

A continuación se mencionan las ventajas de POLCID para los Operadores y para los ingenieros de sistemas:

Ventajas para el Operador de Procesos

- Organización funcional de la pantalla y de los menús a través de la técnica Windows.
- Esquemas fácilmente comprensibles de instalaciones, de tendencias, de regulación, de alarma, de mensaje y de protocolos.
- Operaciones de arranque/parada; especificación de los valores de consigna e información sobre el estado del objeto representado en el esquema de instalación.
- Puestos de trabajo con acceso a toda instalación.
- Ergonomía en el puesto de trabajo y visualización de pantallas del proceso (Ver Figura 2.8).

Ventajas para el ingeniero de sistemas

- Disponible para componentes básicos de software y hardware de diversos fabricantes (ABB, Rockwell, SIEMENS).
- Estructura cliente-servidor en el nivel de mando
- Programación básica de mando
- Módulos prefabricados de programa para la mayoría de los sistemas de mando local utilizados en el sector.
- Software basado en Windows.
- Técnica de buses de campo.

Como se ha mencionado POLCID controla toda una planta completa además de que todo se puede visualizar hasta más de 80,000 señales que pueden ser controladas por tres o cuatro operadores que pueden visualizar todo y también parametrizar y controlar su proceso de acuerdo a las necesidades de la capacidad de la planta o un área en específica.



Figura 2.8. Ergonomía y visualización del proceso de una cementera controlada por POLCID.

Fuente www.thyssenkrupp.com. consultada el 10 Septiembre de 2013.

Conclusiones

Con base a lo expuesto en este capítulo, se detallaron las ventajas y desventajas de los molinos verticales y de bolas, y de cómo se facilita el diseño del proyecto eléctrico con la implementación de softwares tales como SAP, PDMS y el sistema PLANUS para localización de equipo.

El uso y la implementación softwares de ingeniería para el desarrollo de la ingeniería eléctrica, tuvieron la finalidad de minimizar los errores y tiempos de ejecución bajo el concepto de Lean. La forma de organizar una estructura basado en Planus controlada por el sistema SAP nos ayuda en gran parte a tener el orden de una base sólida de trabajo, que conlleva a que con la inclusión de bases de datos a través de ACCESS ayude a organizar y tener un control cuando se trabaja sobre un mismo proyecto en dos países en distintos continentes.

La implantación de Software es costosa, pero nunca se compara con los costos de un proyecto llave en mano por lo que la implantación siempre es remunerable y aplicable en todos los proyectos posibles. Los softwares no solo ayudan a que se tenga precisión y calidad en el desarrollo de la ingeniería eléctrica, esto representa la automatización del proceso y mejora, previo a la fase de construcción y puesta en marcha. Cada etapa del proyecto se hace más eficiente con la ayuda de un software, como, por ejemplo, el SAP, que se emplea para la fase de ingeniería, compras, logística y control financiero y que integra a todos los niveles de una empresa que se constituye en una organización vertical para la ejecución de los proyectos llave en mano.

CAPÍTULO 3

**Metodología para automatizar un molino
vertical de cemento.**

Capítulo 3. Metodología para automatizar un Molino de Cemento Vertical

Introducción

La importancia de la mejora continua en los proyectos llave en mano consta de estudiar, analizar, asegurar, comunicar, medir y gestionar la relación con los clientes, y así conseguir el éxito en los proyectos.

Con base a las necesidades del cliente y la ejecución de un proyecto de un molino vertical de cemento, es necesario que en el desarrollo de la ingeniería y de la automatización se tomen en cuenta las normas establecidas en el contrato y de acuerdo al país donde se realice el proyecto.

Los equipos se basarán en las necesidades del cliente y del diseño de la molienda, por lo que los componentes eléctricos deben basarse en automatizar y brindar mejoras para el proceso, el pensar con una visión siempre de calidad, es de poder brindar al cliente un molino que sea capaz de proporcionar la información a través de sus componentes automatizados para que la gerencia de producción optimice y tenga el control del proceso de acuerdo a la demanda diaria de producción de cemento.

La media tensión juega un papel importante dentro del proyecto, ya que los cálculos del equipo mecánico del molino y de la producción pronosticada, deberán estar pensados y basados en el ahorro de energía. Es de gran importancia cumplir las necesidades del cliente pensando en que al proporcionarle un equipo que le otorgue beneficios, se ganará su confianza lo cual puede implicar nuevas inversiones y proyectos a futuro.

Los diagramas de flujo juegan un papel importante en el desarrollo del todo el proyecto eléctrico, ya que nos ayudara al diseño de una red para establecer la automatización de sus componentes como sensores, motores, instrumentos etc., para el control del proceso por medio de POLCID.

Los beneficios de un sistema automatizado no solo constan de automatizar los procesos de potencia, control y de instrumentación, sino de también tener el control de alumbrado por el sistema POLCID, esto beneficiará a reducir los costos de consumo eléctrico por las noches, en áreas en las cuales no es necesario tener todo encendido.

POLCID es un sistema que proporciona información, sobre todo lo que pasa en el proceso mientras el molino trabaja, pero también se podrá ver a detalle el consumo de energía de los molinos de bolas y del molino vertical. Los molinos de bolas son de alta demanda de consumo eléctrico y de poca productividad y los altos consumos de energía, que en estos tiempos en México cada vez es más costoso.

3.1 La voz del cliente en procesos de ingeniería eléctrica con mejora continua

En mercados globalizados con un alto grado de competitividad, debido a la caída de las barreras aduaneras, la existencia de un sistema de información en tiempo real y de bajo costo y el surgimiento de fuertes bloques regionales de libre comercio, hace imperiosa la necesidad de las empresas de contar con mejoras continuas y sistemática.

La mejora continua implica alistar a todos los miembros de la empresa en una estrategia destinada a mejorar de manera sistemática sus niveles de calidad y productividad, reduciendo los costos y tiempos de respuesta, mejorando los índices de satisfacción de los clientes y consumidores, para de esa forma optimizar los rendimientos sobre la inversión y la participación de la empresa en el mercado.

Con la finalidad de cumplir con la anterior, el departamento eléctrico y de automatización debe tomar en cuenta los siguientes criterios:

1. Estudiar y analizar las necesidades y expectativas del cliente. En el momento de diseñar los productos y planificar su distribución es necesario conocer previamente lo que el cliente espera como por ejemplo, ahorro de energía comparada con tecnologías actuales y automatizar los procesos al máximo.
2. Asegurarse de que los objetivos de mejora de la empresa coinciden con las necesidades y expectativas del cliente, como por ejemplo: asegurar la producción contractual, demostrar que los consumos de energía son los contratados y minimizar el mantenimiento con base a la automatización.
3. Comunicar y hacer entender las necesidades y expectativas de los clientes a todo el personal de la organización, por ejemplo, expresar todos los cambios que puedan suceder en el transcurso del desarrollo de la ingeniería o en la instalación del mismo.
4. Medir la satisfacción del cliente y actuar sobre los resultados, al final del proyecto ver si lo realizado fue lo que esperaba el cliente o lo que quedó pendiente.
5. Gestionar de forma sistemática las relaciones con los clientes. Se debe reducir la variabilidad en la relación con el cliente.

3.2 La importancia de las normas para el desarrollo de ingeniería eléctrica y automatización

En un contrato de compra-venta siempre se deben establecer las normas sobre las cuales se basará el diseño y desarrollo de la ingeniería eléctrica y de automatización así como de todas las disciplinas que estén involucradas en el diseño de molinos de cemento verticales, ya que las normas juegan un papel fundamental en la sociedad moderna y son parte integral del sistema económico y legal.

Estos instrumentos permiten generar importantes beneficios económicos y sociales al ofrecer soluciones a problemas específicos y atender requerimientos sobre salud, prevención de riesgos en el trabajo, protección al medio ambiente, protección al consumidor, especificaciones de unidades de medida, gestión y aseguramiento de la calidad, etc.

Las normas establecen especificaciones y procedimientos para garantizar que los materiales, productos, métodos o servicios cumplan, en el contexto de los propósitos y funciones para los que fueron diseñados, con características de seguridad, intercambiabilidad, confiabilidad, y calidad, entre otros aspectos.

La observancia de normas de aceptación generalizada entre usuarios, fabricantes y proveedores de bienes y/o servicios facilita la aplicación de soluciones más económicas y estables, al tiempo que favorece el logro de una mejor calidad de vida para la población.

Las normas técnicas son vehículos de comunicación entre empresas, autoridades, usuarios y consumidores, que proporcionan un lenguaje común para definir y establecer criterios, conceptos, objetivos, etc. En este contexto, facilitan la investigación, la innovación y el cambio tecnológico; el mantenimiento y preservación de instalaciones y activos; la formación y adiestramiento de personal, así como la comparación entre productos, proporcionando a los consumidores información fundamental para tomar mejores decisiones de compra.

En virtud de su amplio ámbito de aplicación, la normalización constituye un instrumento de gran importancia para el desarrollo nacional, al proporcionar elementos básicos para elevar los niveles de eficiencia y competitividad (los costos son menores si los procesos están normalizados y la capacitación se simplifica con información adecuada para asignar recursos) y atención de las prioridades en materia de salud, seguridad y protección del medio ambiente.

La creciente integración de la economía nacional a los mercados mundiales exige no solo la normalización nacional, sino también se vuelve indispensable la adopción y adaptación de normas internacionales que permita la participación oportuna y competitiva de los productores nacionales en esos mercados, todo ello en concordancia con los compromisos del país ante la Organización Mundial de Comercio; particularmente en lo relativo a evitar y eliminar barreras técnicas al comercio internacional.

3.3 Introducción a los componentes principales para la automatización de un Molino de Cemento Vertical

El sistema de control se basa en la aplicación de la tecnología bien probada junto con la normalización efectiva de todos los equipos y materiales en todo el molino de cemento vertical. Se considerarán las siguientes pautas generales:

1. Se refleja en el diseño y el sistema de control de procesos.
2. El diseño del sistema de control con una arquitectura abierta, permite la implementación sencilla de nuevos requisitos y un fácil reemplazo de piezas obsoletas.
3. El código Planus es la base para identificar y marcar todos los equipos asociados para la señalización y la aplicación del software.

Los componentes de la automatización son los siguientes:

1.-Gabinetes de entradas y salidas (E/S) distribuidas: dispositivos de E/S conectados a través de Profibus, montados en cajas o paneles para conectar sensores, clapetas, actuadores de campo y el control motor o la conexión directa a los sistemas Profibus y sub-control sistemas de medición de E / S de campo.

2.-Sistemas de bus: El bus de campo para la comunicación E/S con las estaciones de proceso se lleva por medio de cables conocidos como PROFIBUS y Fibra Óptica dependiendo del diseño de la red (Ver figura 3.2.).

3.-Estaciones de proceso (PS): el uso de controladores industriales (procesadores) con su software aseguran la operación segura de las máquinas, de los procesos de producción y proporcionan todas las interfases de comunicación necesarias.

4.-Estaciones de operador (OS): el uso de equipo estándar hardware-software industrial correspondiente, aseguran una interfaz hombre-máquina simple y eficiente (HMI) para la operación remota. (Ver figura 3.2.).

5.-Instrumentación de campo: Cabe señalar que algunos bucles de medición y control se proporcionan como una parte integral del equipo de la máquina mecánica, por ejemplo: filtros, dosificadores de cinta, quemadores, ayuda para la molienda, detectores de metales, separadores magnéticos, filtros de desempolvado y de proceso etc.

Detectores primarios, por ejemplo: interruptores de límite, interruptores de presión, presostatos diferenciales, interruptores de temperatura, son parte de la instrumentación de campo.

Los transductores utilizados para las mediciones de proceso estándares (presión, temperatura y flujo utilizando mediciones de presión diferencial) están equipados con puertos de comunicación en serie "PROFIBUS-DP".

Los sensores de temperatura del bobinado de los motores baja tensión conocidos como PT100 se conectan directamente a las E/S de los módulos del Sistema de Control Distribuido (Ver figura 3.2.).

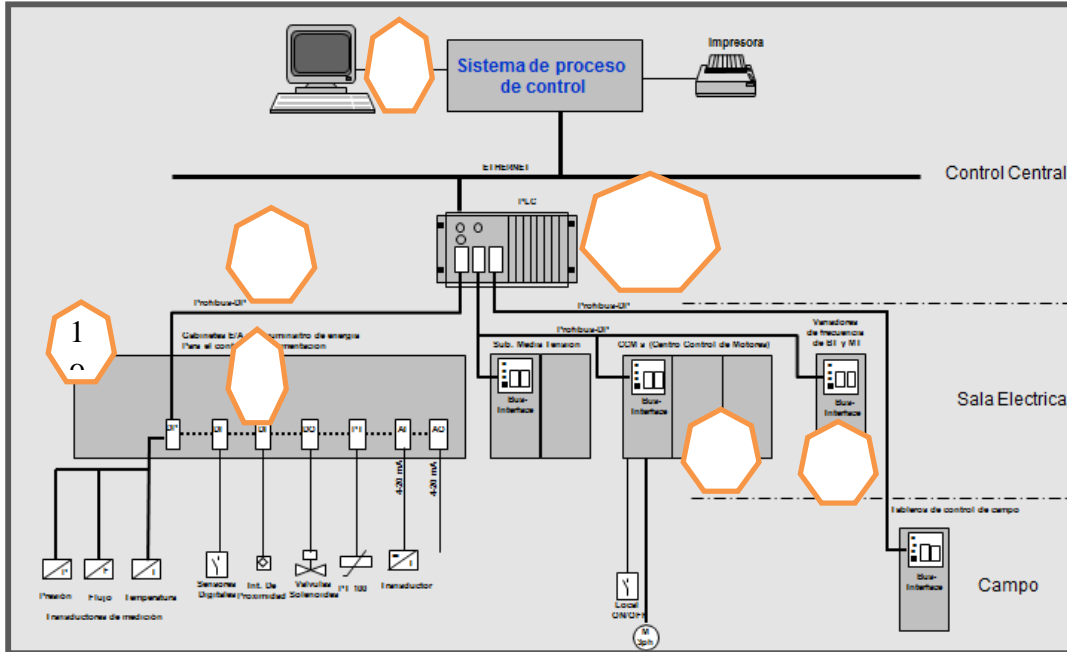


Figura 3.2. Representación de una red industrial con sus componentes para automatizar un molino.

Fuente www.siemens.com. consultada el 27 septiembre de 2013

6.- Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés como PLC (Programmable Logic Controller), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Los PLC's son utilizados en muchas industrias y máquinas. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para manejar múltiples señales de entrada y de salida, rangos de temperatura ampliados, tienen inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto.

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento (Ver figura 3.2.).

7.-Variadores de Frecuencia: Los accionamientos de media tensión proporcionan la solución perfecta para los requerimientos de la industria del cemento y la minería. Los accionamientos permiten un control preciso de los procesos que optimiza la producción, reduce los desgastes, mejora la fiabilidad y asegura la calidad del producto final (Ver Figura 3.2.).

Aplicaciones típicas en la industria del cemento y la minería que se pueden beneficiar con la aplicación de accionamientos de media tensión para:

- Ventiladores
- Bombas
- Molinos
- Hornos
- Cintas de transporte
- Prensas de rodillos

El uso de accionamientos de media tensión para el control de par y velocidad en estos procesos proporciona numerosas ventajas, como:

- Ahorro de energía
- Reducción de costes de mantenimiento
- Calidad del producto constante
- Arranque del proceso fiable en todas situaciones

8.-Centro de Control de Motores inteligente: es un sistema que mediante la utilización de algunos dispositivos electrónicos -como relés inteligentes, entre otros- tiene la capacidad de recibir comandos de accionamiento y detención para cada uno de sus motores, de forma independiente, además de transmitir parámetros eléctricos y mecánicos a un sistema centralizado, mediante la utilización de un bus de campo.

El CCM Inteligente permite al usuario enfocarse al manejo de su proceso productivo de manera efectiva y proactiva, "entregándole información en tiempo real de todas las cargas, para determinar con datos reales la máxima disponibilidad de los accionamientos que sirven al proceso productivo y asegurando una mayor utilización de los activos (motores), protegiendo así su vida útil y el retorno de la inversión en torno a ellos".

La parte 'Inteligente' es la incorporación natural de la tecnología disponible hoy en día y en general se traduce en la integración de un relé electrónico y un enlace de comunicaciones a través de buses (Ver Figura 3.2.).

9- El tablero de distribución de media tensión- con revestimiento metálico tipo metalclad utiliza interruptores automáticos desmontables, denominado equipo con interruptor automático. El interruptor automático proporciona tanto protección contra cortocircuitos como interrupción de corriente de carga. Este a su vez puede ser controlado a través de su control de enclavamiento (interlocks) para seguridad. El control de las subestaciones se rige por los relevadores de protección, los cuales se instalan en cada celda de la subestación, también se automatizan con la finalidad de obtener la protección necesaria para los operadores y también para las mediciones constantes en ese nivel de tensión.

3.4 La media tensión en la automatización de un Molino de Cemento Vertical

La Media tensión significa tensiones entre 1 kV y 34.5 kV (norma NOM-001). Se emplea para transportar tensiones medias desde las subestaciones principales de acometida hasta las subestaciones de los molinos de cemento a los transformadores de media tensión y después a baja tensión, a partir de los cuales se suministra la corriente eléctrica a las diferentes áreas de una sección como la molienda de cemento.

Los cálculos de media tensión se basan en el equipo mecánico a ser instalado, en este caso, los equipos de media tensión se basaron en los cálculos de las máquinas, para este molino se calculó:

1. 3 Accionamientos principales con motores para vencer una fuerza axial de 32,000 N (de los rodillos) con variador de frecuencia de 4.16 kV.
2. 1 Ventilador principal con variador de frecuencia de 4.16 kV.
3. 1 CCM Inteligente.

En la tabla 3.4.1 se observan los cálculos de este molino de cemento vertical de rodillos:

CRUZ AZUL - LAGUNAS - MOLINO DE CEMENTO									
							TENSIÓN		
							KV		
							4.16		
DEPARTAMENTO	MAQUINA	MCC	TRAFO	CARGA INST.	CARGA DEMA.	CARGA DEMA.	CORR.	CORR. TOTAL	DEMANDA TOTAL
TENSION V	6600		KVA	KW	KW	KVA	A	A	KVA
					0.8	0.9			
CEMENT MILL									
CEMENT MILL	MAIN DRIVE	SL		3,150	3,150	3,500	486		
CEMENT MILL	VENTILADOR	KL-FR		1,620	1,620	1,800	250		
MOLINO DE CEMENTO 1	CCM	TRAFO	511	303	242	269	37		269
TOTAL SECTION							774	774	5,569

Tabla 3.4.1 Cálculos de potencia de un molino vertical.

Hoy en día, la automatización no tiene fronteras ni obstáculos lo cual constituye una ventaja. Al inicio de esta tesis, se comentó que el departamento de molinos estaba en una situación crítica, por lo que este proyecto marcaría la pauta de un compromiso del equipo de desarrollo de ingeniería. La parte eléctrica tenía que buscar los equipos de todo tipo y en especial de media tensión para demostrar que el consumo de energía dependía del tipo de variadores de frecuencia a usar, en este caso se usó la mejor tecnología de General Electric, que también tenía que ser enlazada al sistema POLCID para el control del proceso de la molienda.

Las moliendas de bolas tienen un tipo de motor llamado de anillos rozantes, controlado por arrancadores que consumen mucha energía, veamos la tabla 3.4.2.

CRUZ AZUL - LAGUNAS - MOLINO DE CEMENTO										
Molino 11							TENSION			
Molienda de Bolas							KV			
							4.16			
DEPARTAMENTO	MAQUINA		MCC	TRAFO	CARGA INST.	CARGA DEMA.	CARGA DEMA.	CORR.	CORR. TOTAL	DEMANDA TOTAL
TENSION V	6600			KVA	KW	KW	KVA	A	A	KVA
						0.8	0.85			
CEMENT MILL										
CEMENT MILL	MAIN DRIVE	SL			2,500	2,500	2,941	409		
CEMENT MILL	VENTILADOR	KL-FR			600	600	706	98		
MOLINO DE CEMENTO 11	CCM	TRAFO	511		1,000	800	941	131		941
TOTAL SECTION								638	638	4,588

Tabla 3.4.2 Consumo de energía de un molino de bolas

Todo indica que si comparamos las dos tablas de ambas moliendas 3.4.1 y 3.4.2, el consumo de energía es más alto en la molienda cemento vertical, cabe mencionar que el proyecto es real y que la Cooperativa la Cruz Azul tiene actualmente en planta dos molinos de bolas, la demanda de consumo es de casi 9,176 kW para producir como máximo 190 t/h.

La molienda con rodillos verticales con su nueva tecnología produce 185 t/h con tan solo 5569 kW (ver 3.4.1), se resume finalmente que con menos consumo de energía se obtiene mayor producción con un resultado muy eficiente.

CFE es el único proveedor de energía en México, y por lo tanto los costos de la energía son altos, por ejemplo, los combustibles fósiles como el diésel son muy caros y hay otros más económicos el combustóleo.

La industria cementera ha sido muy castigada por los altos pagos de electricidad que se hacen mensualmente, es por eso que las cementeras han buscado otro tipo de alternativas en sus procesos a través de combustibles alternos como Pet-coque o el carbón para la alimentación de sus hornos, pero el consumo eléctrico es muy alto, es por eso que los molinos de bolas serán en un futuro próximo obsoletos ya que a pesar de ser muy nobles en su mantenimiento, son muy costosos después de unos años.

3.5 Elaboración de diagramas de flujo base para automatización

Una vez que ya tenemos la información en SAP y en la base de datos de Access como se mencionó en el capítulo anterior (Ver 2.5. y 2.6), se inicia la elaboración del diagrama de flujo final donde se verá a detalle la cantidad de sensores, transductores, válvulas solenoides, motores de baja y media tensión identificados con el código Planus con el cual se nos indica en qué área, qué tipo de máquina, su localización y el tipo de equipo eléctrico.

Veamos, por ejemplo, el motor de uno de los accionamientos principales del molino vertical de rodillos marcado con rojo (Figura 3.5.a)

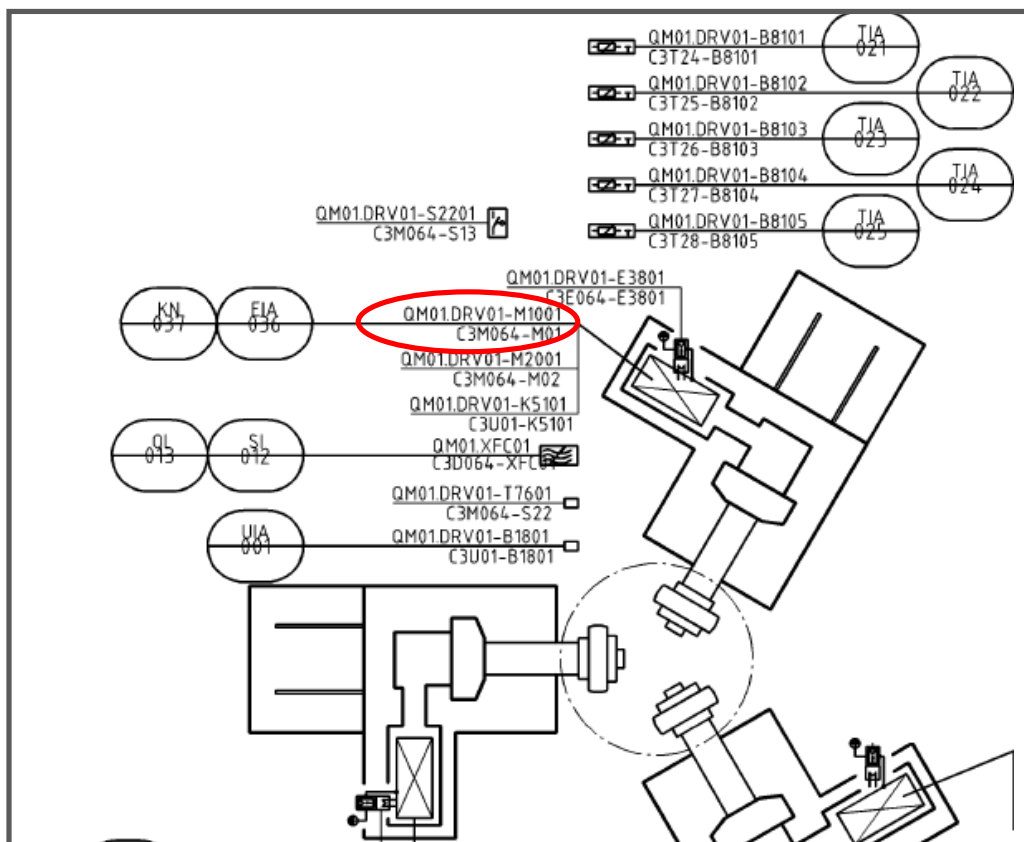


Figura 3.5.a) Extracto del diagrama de flujo motor principal de rodillos del Molino.

Fuente [Cooperativa La Cruz Azul](#). consultada el 10 de Febrero de 2013.

Podemos observar que los siguientes sensores y consumidores componen a uno de los accionamientos identificados con el Planus, por ejemplo 5F1.QM01.DRV01.M1001, cuyo motor es de media tensión en 4,16 kV (Ver 3.5 a).

NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6
5F1	QM01	DRV01	M1001
Instalacion de Molineda Cemento	Molino vertical QUADROPOL	Accionamiento	Motor (alta tensión, nivel 2)
AREA	MECANICO	ELECTRICO	

3.5 a) Explicación del código Planus, base para un diagrama de flujo.

Si seguimos el extracto del diagrama de flujo de este motor tenemos las siguientes señales de 3.5 a):

- 5F1.QM01.DRV01-B8101 al 05 -sensor de temperatura PT100.
- 5F1.QM01.DRV01-S2201-paro local de emergencia
- 5F1.QM01.DRV01-E3801-Calefaccion del motor
- 5F1.QM01.DRV01-M1001-Motor de Molino Quadrapol media tensión.
- 5F1.QM01.DRV01-M2001-Motor de Molino Quadrapol baja tensión.
- 5F1.QM01.DRV01-K5101-Transductor de velocidad de la flecha.
- 5F1.QM01.DRV01-B101-Transductor de temperatura en la flecha.
- 5F1.QM01.XFC01-Variador de frecuencia de Molino Quadrapol.
- 5F1.QM01.DRV01-T7601- Transductor de velocidad.

Todas estas señales representadas una vez realizadas en la estructura en Planus creada en SAP (ver figura 3.5 b), ayuda a que los ingenieros ubiquen los equipos en los arreglos generales y en diagrama de flujo, en especial los sensores y el equipo eléctrico, nuestro ejemplo del extracto del diagrama de flujo 3.5 a), nos indica las señales que se llevarán a través de cables de control hacia los gabinetes de entradas y salidas para su control y visualización en POLCID.

The screenshot shows the SAP Product Structure for a motor drive system. The hierarchy is as follows:

- Product Structure: Validity date 21.08.2013
- Subordinate Functional Location:
 - D000409 5F1 QM01 AXD02: Auxiliary drive
 - D000409 5F1 QM01 DRV01: Drive starter
 - D000409 5F1 QM01 DRV01: Drive
- Superior Functional Location
- Subordinate Functional Location:
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-B101: Torque sensor
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-B8101: Temperature sensor P100
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-B8102: Temperature sensor P100
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-B8103: Temperature sensor P100
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-B8104: Temperature sensor P100
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-B8105: Temperature sensor P100
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-E3801: Heater
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-K5101: Transmitter telemetry
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-M1001: Motor (medium voltage)
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-M2001: Motor (low voltage)
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-S2201: Emergency-off switch
 - D000409 5F1 QM01 DRV01-T7601: Speed monitor

Figura 3.5 b) Creación de la estructura en SAP de un accionamiento principal de molino con sus componentes.

El diagrama de flujo se implementa también al sistema POLCID, donde realmente está el control, se observa que el accionamiento con el código Planus 5F1.QM01.XFC01 y código de cliente C3D064-XFC01 indica que está trabajando como se aparecía en la figura 3.5c), esto muestra que un diagrama de flujo puede no solo ser representado en papel o como información, sino que también sirve para controlar y visualizar el proceso a través del operador en control central a través de POLCID. (Ver figura 3.5.c)

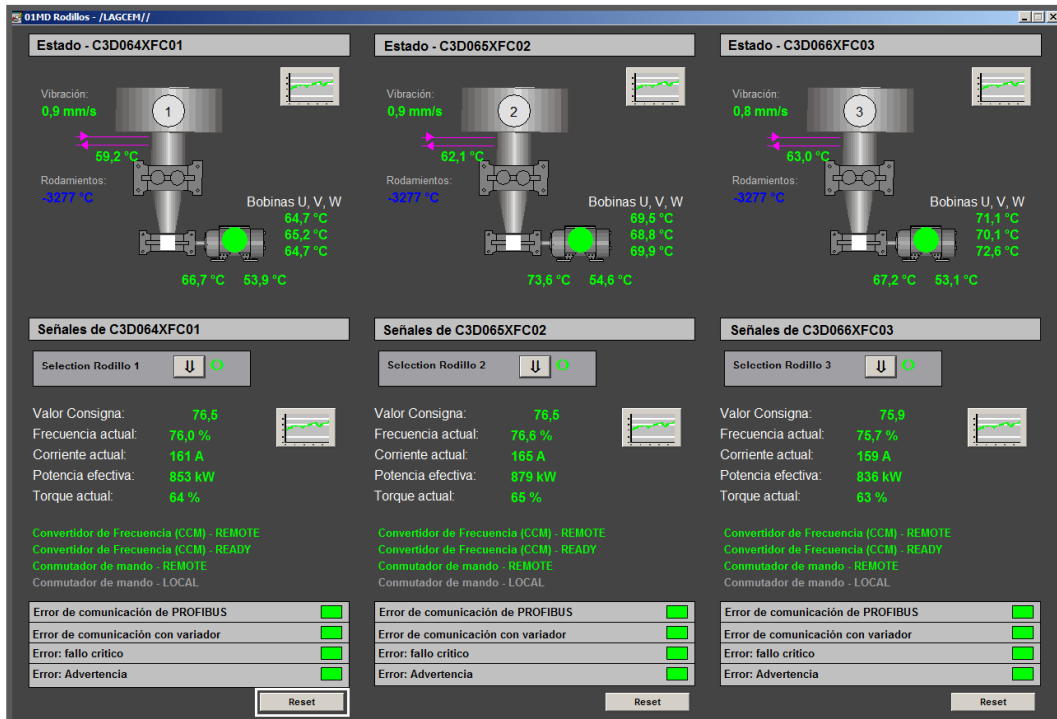


Figura 3.5.c) Extracto de pantalla de POLCID, Accionamiento listo para su operación.

Fuente: [Cementos del Norte S.A.](#) ,consultada el 10 Febrero de 2013

Por último, en la representación gráfica de la parte del diagrama de flujo de los accionamientos de un molino de cemento vertical y su visualización en POLCID, en la figura 3.5.c), se podrán observar los accionamientos en el diagrama de flujo y su representación en POLCID, así mismo, también se observan las temperaturas PT100 de un motor del accionamiento principal, además se pueden visualizar en POLCID valores como: Potencia, valor de consigna^[1], temperatura, frecuencia actual y todo esto viene de un diagrama de flujo, lo que significa que éste es la parte esencial de un proyecto, además se puede automatizar como lo vemos en POLCID.

Ahora se observará cómo automatizar un filtro de despolvado con una banda transportadora, esto tiene un poco más de señales y cajas de control (ver figura 3.5.d)

Veamos el desglose:

- 5F1.BF01.XCC01- Caja de control
- 5F1.BF01.XVP01 - Caja de tren de válvulas del filtro.
- 5F1.BF01.HED01-B7001- Sensor de presión en la cabeza del filtro.
- 5F1.BF01.FVJ01-M6101 - Compuerta pendular integrada, Válvula Magnética.
- 5F1.BF01.FVJ01-M6102 - Compuerta pendular integrada, Válvula Magnética.
- 5F1.BF01.FVJ01-B3401 - Final de carrera (abierto/derecho).
- 5F1.BF01.FVJ01-B3402 - Final de carrera (abierto/derecho).
- 5F1.BF01.FVJ01-B3201 - Final de carrera (cerrado/izquierdo).

^[1]Un valor de consigna (en este caso frecuencia), es un valor de referencia establecido para mantener el sistema lo más próximo a ese valor, aun cuando existan perturbaciones en el medio que de alguna manera le afecte.

- 5F1.BF01.FVJ01-B3201 - Final de carrera (cerrado/izquierdo)
- 5F1.BF01.FVJ01-B3202 - Final de carrera (cerrado/izquierdo)
- 5F1.BF01.FNJ01-M2001- Ventilador del filtro motor de baja tensión
- 5F1.BF01.FNJ01.B7601 - Sensor de velocidad del ventilador del filtro.

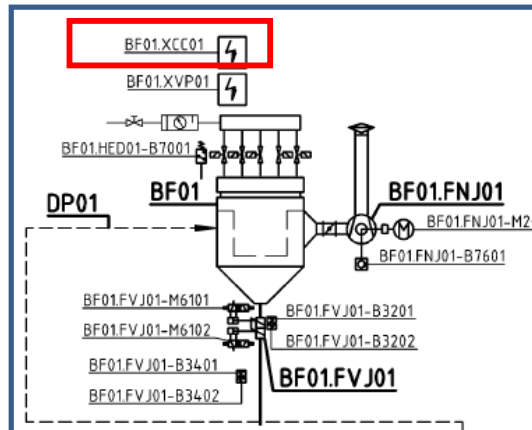


Figura 3.5.d) Extracto de diagrama de flujo para un filtro de desempolvado.

Fuente: [Cementos del Norte S.A.](#), consultada 10 Febrero de 2013.

Ahora bien, si vemos la figura 3.5.d es un ejemplo de partes de un diagrama de flujo típico para un colector de polvo un molino del cemento, en el cual todas las señales, son concentradas en la caja de control 5F1.BF01.XCC01.

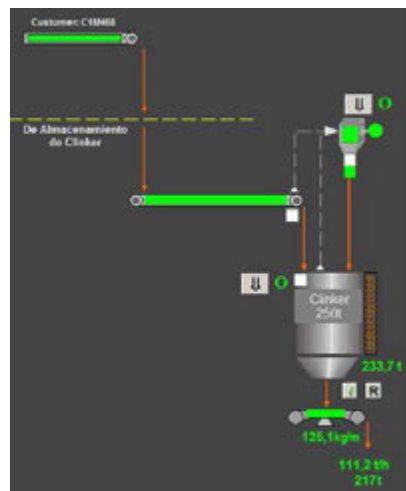


Figura 3.5 e) Filtro de desempolvado con una banda transportadora

Fuente [Cementos del Norte S.A.](#) consultada el 10 Febrero de 2013.

Los diagramas estándares de un diagrama de flujo, como es el caso de un filtro de desempolvado (ver 3.5.d), nunca van a cambiar, y esto ayuda a simplificar el trabajo, por ejemplo, un molino de cemento tiene siete filtros de desempolvado pero tan solo con un dibujo se puede hacer más fácil los mímicos en POLCID, como se muestra en la figura 3.5.e.

3.6 Metodología para el diseño de una red de comunicación para automatización de un Molino de Cemento Vertical

La automatización nació con el fin de usar la capacidad de las máquinas, para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana. En comunicaciones, aviación y astronáutica, se han utilizado dispositivos como los equipos automáticos de conmutación telefónica, los pilotos automáticos de guía y los sistemas automatizados de control para efectuar diversas tareas con mayor rapidez y precisión. Lo anterior, mejor de lo que podría hacerlo un ser humano.

La automatización para la industria cementera significa, utilizar tecnología que integre un proceso de control a través de dispositivos capaces de tomar decisiones e interactuar con otros, basándose en un programa establecido por el integrador para el manejo de algunas variables, mediante su monitoreo y comparación con un valor esperado del proceso; esto se realiza de manera automática, generando en el sistema mayor productividad, confiabilidad, estabilidad y calidad en sus resultados.

Este proyecto de automatización, se inicia cuando la empresa identifica una oportunidad de mejora dentro de sus procesos productivos susceptibles de ser automatizados. Tal oportunidad puede ser un incremento en la producción, el perfeccionamiento en los atributos y cualidades de alguna línea de productos para enfrentar la competencia de otros proveedores o lo más común, mantener la fabricación y calidad dentro de las normas actuales pero disminuyendo los costos totales asociados a la producción.

En fin, cualquiera de los motivos anteriores puede ser que desencadene una serie de decisiones para iniciar un proyecto de automatización.

Iniciar un proyecto de automatización en la industria del cemento es una decisión que implica involucrar todos los niveles directivos de la organización. También obliga a invertir una gran cantidad de recursos económicos, materiales, humanos y tecnológicos. Por la complejidad de la mayoría de los sistemas de automatización y la diversidad de tecnologías existentes, así como las necesidades muy particulares de cada proyecto, es muy difícil que un solo proveedor de productos de automatización pueda satisfacer todas las expectativas que tiene un cliente sobre los resultados que desea obtener, como son tecnología de punta, largo ciclo de vida del sistema, bajo costo de inversión en el proyecto, asistencia técnica, etc.

Los actuales retos que impone la globalización de la economía, con mercados cada vez más exigentes y cambiantes, hacen que la industria adquiera estrategias para el desarrollo competitivo y la adaptación de nuevas prácticas productivas que integren amplia y ordenadamente los recursos con los que cuenta, para alcanzar mejores niveles de producción.

La automatización de los procesos productivos se establece como una herramienta fundamental que permite a las empresas un desarrollo propio, dinámico y competitivo, facilitando la relación entre las diferentes áreas de la organización o empresa. Por lo que es muy importante encontrar una buena metodología o procedimiento adecuado y eficaz, que permita a la industria regional, automatizar bienes de producción particularmente con el uso de PLC's, buses y redes.

Por otro lado, hay un costo asociado a la adquisición de nueva tecnología en equipos y programas; y aún, teniendo la tecnología más moderna, la automatización puede ser ineficiente y no operativa si no se realizó previamente un análisis de las necesidades de la organización, de las diferentes ofertas tecnológicas existentes en el mercado y un diseño de los sistemas adecuado a las funciones de la organización y la tecnología empleada.

Por lo tanto, antes de iniciar una automatización es importante tener en cuenta que:

- Las organizaciones son complejas y realizan diversas funciones que están relacionadas entre sí, que sus necesidades de manejo de información cambian y crecen, y que además del manejo operativo de la información hay una necesidad de contar con un acceso global que permita una mejor toma de decisiones.
- La tecnología es muy cambiante, cada vez hay mayor variedad de equipos y sistemas más poderosos de costos diversos, lo que complica la selección de la tecnología adecuada.
- El diseño, la programación y la operación de los sistemas requieren en la mayoría de los casos de especialistas. Por todo lo antes mencionado, si se pretende que una automatización no solamente cause una mejora de la producción, sino que además resulte una inversión rentable en cuanto a la adquisición de una tecnología adecuada, es necesario contar con una metodología para llevarla a cabo.

Los pasos del desarrollo para aplicar la metodología son: Estudiar y analizar las necesidades del cliente, descripción del sistema, diagrama de flujo, descripción de los equipos y creación de una red.

A. Paso No. 1 Estudiar y Analizar las necesidades del cliente. (Ver 3.1 punto 1 Mejora continua)

Estos se obtienen, de las entrevistas realizadas con los operadores y jefes de mantenimiento, los cuales indican características de operación, características de los equipos, rango de operación y en algunos casos el rango del costo de los equipos a utilizar.

B. Paso No. 2 Descripción del sistema.

Para llevar a cabo la descripción del sistema o proceso, se requiere recabar la siguiente información: procedimiento que se debe seguir en la operación (arranque, paro), dispositivos que intervienen en el proceso (sensores, transductores, motores, variadores, etc.), variables a medir, variables a controlar, variables a monitorear, rangos de operación, función de los dispositivos, entradas y salidas. Esta actividad se lleva a cabo mediante entrevistas con los operadores y encargados de mantenimiento del proceso, visitas de campo y la experiencia del integrador.

C. Paso No. 3 Diagrama de flujo.

Un diagrama de flujo es una representación gráfica de los pasos en un proceso. Dicho diagrama es útil para determinar cómo funciona realmente el proceso. El diagrama se utiliza en gran parte de las fases del proceso de mejora continua, sobretodo en definición de proyectos, diagnóstico, diseño e implantación de soluciones, mantenimiento de las mejoras, traslado de materiales, pasos para ventas y procedimientos del proceso.

D. Paso No. 4 Descripción de los equipos del sistema.

Aquí se agrupan todos los dispositivos que intervienen en el proceso, se describe bien su función e identifica las entradas y salidas del sistema. Esto ayuda a conocer con mayor detalle las funciones para los cuales fueron diseñados los dispositivos. Además sirve para conocer más a detalle el proceso y entenderlo mejor; es decir, tener una amplia visión para la siguiente etapa.

E. Paso No. 5 Creación de una red.

Con base en nuestro diagrama de flujo, donde yacen todos los equipos y señales a automatizar, se esquematiza y se piensa en los buses que harán los enlaces con los equipos, lo cual, hará que se reduzca el cable de control sustituido por buses como por ejemplo, fibra óptica y cable PROFIBUS.

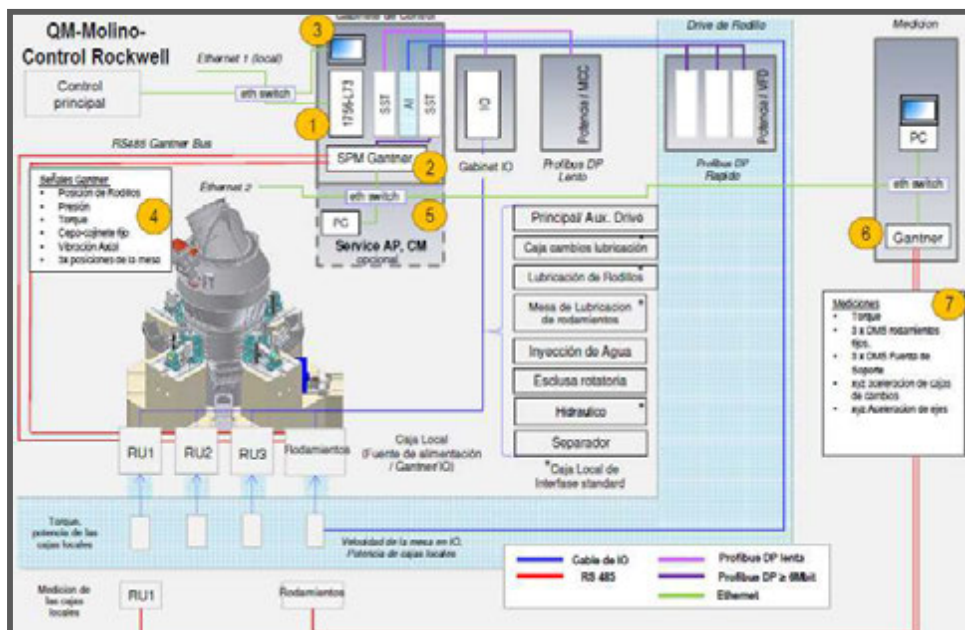


Figura 3.6. Red de buses en la automatización de un molino vertical.

Fuente: [Polysius México](http://www.polysius.com.mx), consultada el 10 Febrero de 2013.

La figura 3.6. describe lo que significan estos siete elementos:

- 1.- 1756-L73: El Sistema de control del Molino incluye enclavamientos y control de accionamiento de rodillos.
- 2.- Rápido procesamiento de las señales para protección y cierre vía el sistema de control de la molino, transferencia de datos hacia el sistema de control del molino.
- 3.- Visualización local del estado y configuración de los parámetros de SPM.
- 4.- Advertencia correspondiente a SPM.
- 5.- Operación remota a través de la posibilidad de Internet.
- 6.- Recopilación de datos con fines de prueba.
- 7.- Señal de Medición temporales (RU1 & cojinete de la mesa).

F. Paso No. 6 (Diseño de Ruta de Cables).

Dentro de la ingeniería de detalle, se tiene que diseñar no solo una red sino también el detalle de la ingeniería de la ruta de cables, veamos una muestra del molino (Ver Figura 3.6.1).

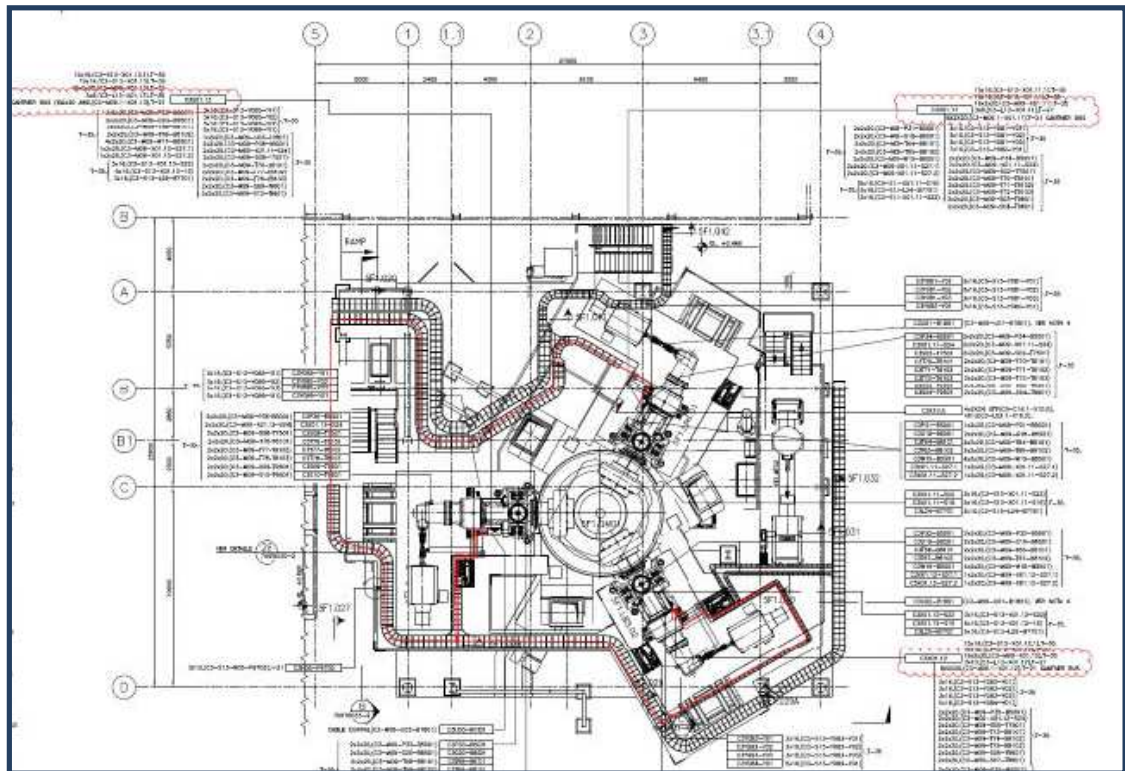


Figura 3.6.1 Detalle de la ingeniería para observar la trayectoria de los buses.

3.7 Automatización del alumbrado en un Molino de Cemento Vertical

En los proyectos industriales es muy común integrar la automatización de algunos equipos de fuerza y potencia, normalmente el alumbrado no es una prioridad. Pero en este trabajo, se tratara de integrar todos los sistemas y automatizarlos con el fin de reducir el consumo de kWh/t que al final influye sobre el costo. El diseño del alumbrado significa pensar en luminarias que no sean por ejemplo de aditivo metálico, ya que este tipo de focos ocasiona contaminación y tiene un alto consumo de energía. Actualmente existe un aumento constante del consumo de energía, la modernización de los procesos industriales y el crecimiento económico son las principales causas de este fenómeno. Ante esta realidad, el uso eficiente de este recurso, se convierte hoy en día en una prioridad con el fin de preservar los recursos energéticos y establecer cambios oportunos orientados al desarrollo sostenible en armonía con el medio ambiente.

El sector industrial se constituye hoy en día en un consumidor potencial de energía eléctrica, sin embargo muchas de sus instalaciones no cuentan con un control y uso adecuado de energía. Muestra de ello son los sistemas de iluminación, pues se han identificado numerosas deficiencias en torno a su uso siendo la más crítica mantener encendidas las lámparas durante periodos no productivos, lo cual conlleva a incrementar el impacto económico para la empresa y ambiental para el mundo. Se presenta el diseño de un sistema de automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial que permita optimizar el uso de energía eléctrica evitando que las lámparas permanezcan encendidas durante períodos no productivos.

Es decir, se diseñará la automatización de alumbrado que asegure una iluminación de calidad durante el tiempo que sea necesario. El diseño consta de la selección de un PLC contactores y apagadores con contactos dentro de un gabinete auto-soportado, estas señales se llevan a través de PROFIBUS hacia el control central, mediante POLCID, que permitirá controlar la secuencia de encendido de los contactores de fuerza de los circuitos de iluminación en función a los períodos de producción nocturnos, únicamente en las zonas elegidas. (Ver Figura 3.7).

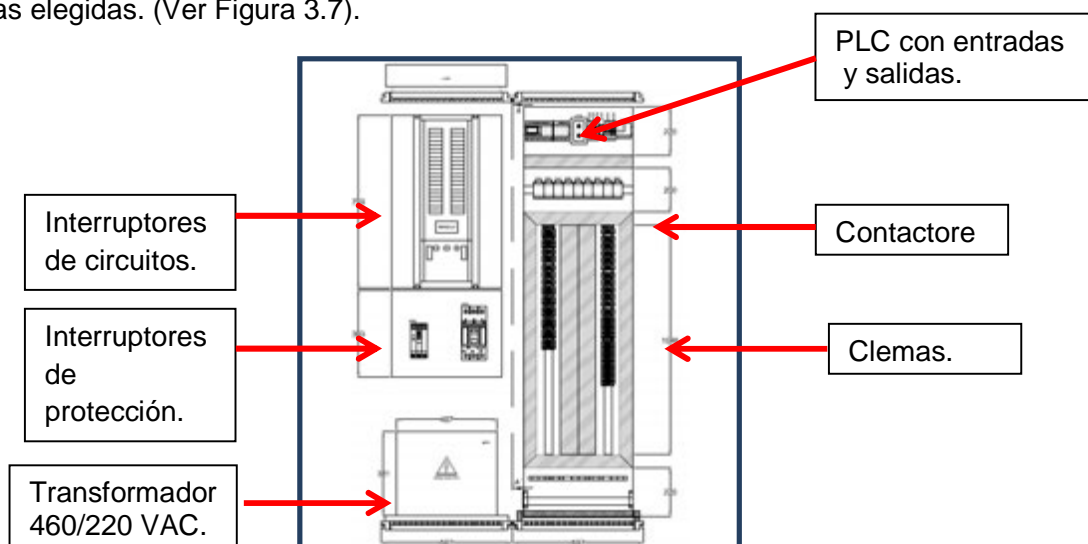


Figura 3.7 Gabinete Auto-soportado para Alumbrado

Fuente: www.sciautomation.com.mx, consultada el 10 Septiembre de 2013.

En este proyecto se diseñó la interfaz de usuario la cual permite apagar, encender o establecer los horarios nocturnos de producción o realizar el control manual de los circuitos de iluminación desde el control central mediante POLCID.

El usuario podrá controlar el sistema de iluminación a través de la interfaz de un PLC con entradas y salidas digitales (Ver Figura 3.7.1), la cual estará comunicada con el controlador a través de una red industrial que también será diseñada. Se hicieron pruebas aisladas y se comprobó el funcionamiento correcto del programa implementado mediante la comunicación de una Estación de operador, asimismo, las pruebas realizadas verifican la respuesta en tiempo real del controlador empleado en el diseño.

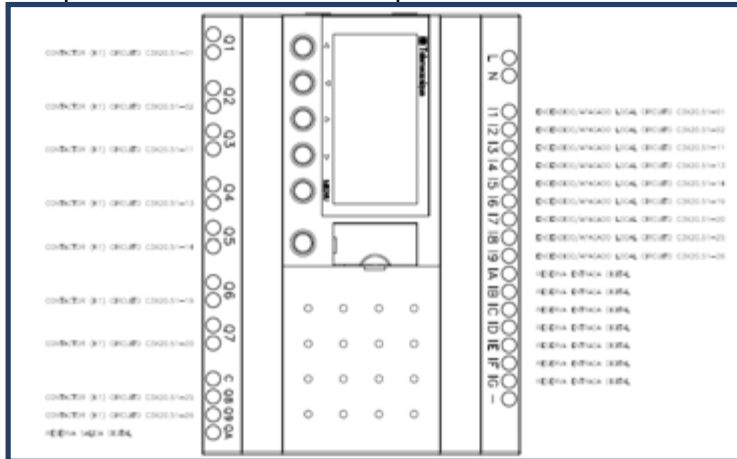


Figura 3.7.1 PLC con entradas y salidas por circuito

Fuente: www.schneider-electric.com.mx, consultada el 10 Septiembre de 2013.

Ahora bien, toda la ingeniería básica y de detalle se traslada a POLCID, automatizando todo, en la figura 3.7.2 se puede observar, como lo ve el operador en pantalla, primero se puede observar la disponibilidad del tablero (es decir si tiene tensión ver 1), segundo la aplicación de temporizadores (ver punto 2) y tercero una visualización por circuito y por área o plataforma (Ver punto 3).



Figura 3.7.2 Detalles del Alumbrado del Molino de Cemento en POLCID.

Fuente Cementos del Norte S.A., consultada el 12 de Septiembre de 2013.

3.8 Sistema POLCID para visualización y control como herramienta de calidad

Como ya anteriormente, se puede observar que un diagrama de flujo es la esencia del sistema, POLCID es la herramienta óptima para controlar este tipo de procesos por las siguientes ventajas (Thyssenkrupp):

- El operador sabe de inmediato donde hay una falla.
- El operador puede reportar la localización de la falla mediante alarmas del mismo sistema e informar inmediatamente a mantenimiento para su reparación.
- El proceso se puede controlar desde POLCID, ya que la gerencia puede obtener el dato de inmediato sobre la calidad del producto y la cantidad producida en el momento de la consulta.
- Ofrece gráficas y reportes de consumos eléctricos en media y baja tensión.
- Ofrece estadísticos de fallas sobre cada sensor del molino de cemento.
- Con tan solo tres personas en tres turnos diferentes se puede controlar el proceso durante las 24 horas.

POLCID con reportes visuales instantáneos o reportes impresos de calidad del producto y la cantidad producida puede apoyar a las gerencias de producción a planear sus reportes de producción mensuales. El control y la estabilidad del producto dependen en un 50% del manejo del operador dependiendo de la demanda.

El esquema de tener un control con visualización es una herramienta poderosa para controlar el proceso, no solo de un área sino de una planta por completo, el tener también el control del alumbrado es una ventaja adicional en POLCID, ya que se puede mantener apagado el 80% del alumbrado de un área cuando sea necesario.

La implementación de este software que es el apropiado y diseñado para cementeras y de la industria minera, es bastante accesible y útil porque proporciona un plus a los clientes, ya que les ayuda a controlar el proceso de una forma estable y facilita la toma de decisiones, con la obtención de estadísticas se pueden predecir y elaborar programas de mantenimientos preventivos muy fácilmente, esto hace que se puedan implementar en mantenimiento técnicas parecidas al SMED con cambios rápidos con disponibilidad de refacciones.

POLCID ofrece la opción de que los problemas puedan ser resueltos desde el corporativo en Alemania sin que un especialista tenga que ir a sitio a resolverlos.

En la figura 3.8 se puede observar la pantalla principal de la operación de un molino vertical

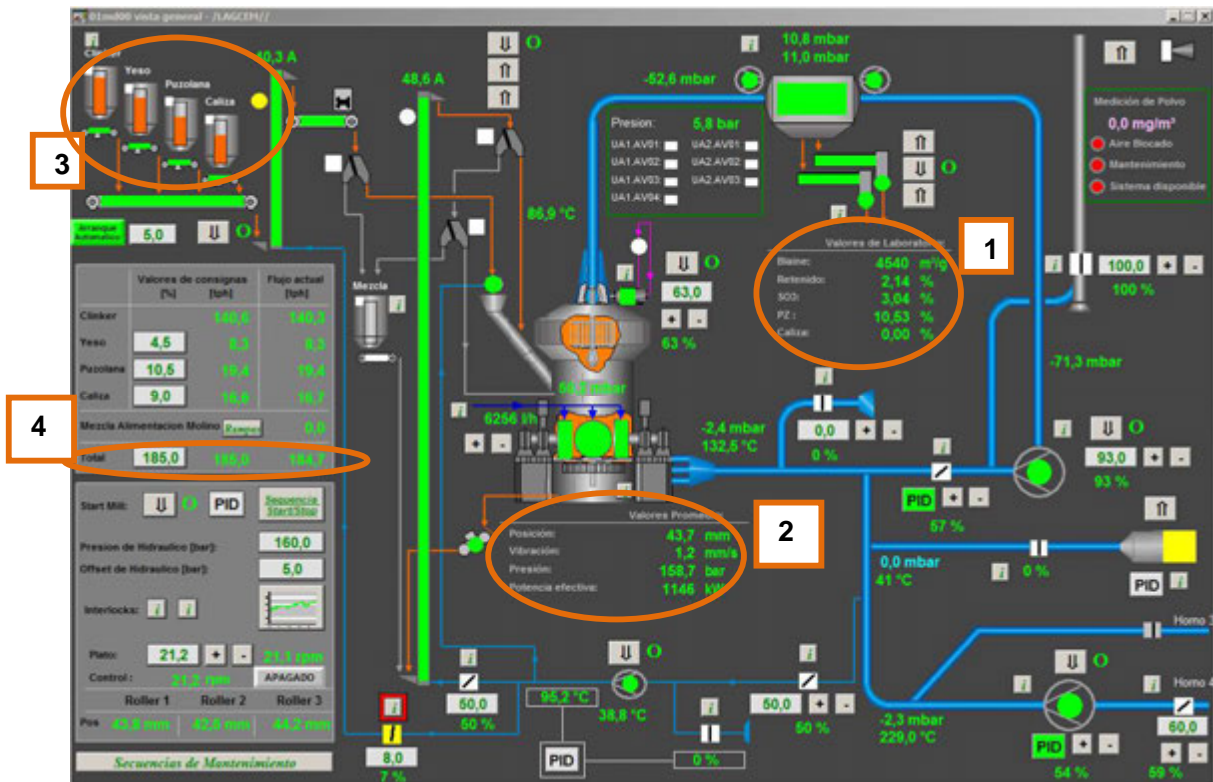


Figura 3.8 Pantalla principal de un molino vertical de rodillos con POLCID.

Fuente: [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 12 de Septiembre de 2013.

1.- Valores de Calidad.

Indica los valores de calidad del cemento como:


- Blaine en m^2/g los cuales en este caso 4,540 m^2/g son los permitidos de acuerdo a las normas ASTM de la industria cementera,
- El retenido de 2,14% también es un valor ideal de la calidad del cemento que se está produciendo en este momento.

2.- Valores de potencia y posición.

En esta misma pantalla se puede observar del molino de cemento vertical:

- Posición de los rodillos.
- Vibración del molino
- Presión del sistema de lubricación
- Potencia efectiva, este es el promedio del consumo de energía de los tres motores de los rodillos.

3.- Visualización directa del llenado de las tolvas de dosificación del cemento

Se puede ver el llenado de las tolvas de dosificación del cemento, para ver más a detalle, basta solo con dar un clic en  desde la pantalla principal, y se muestra el detalle de las tolvas como se verá en la figura 3.8.1

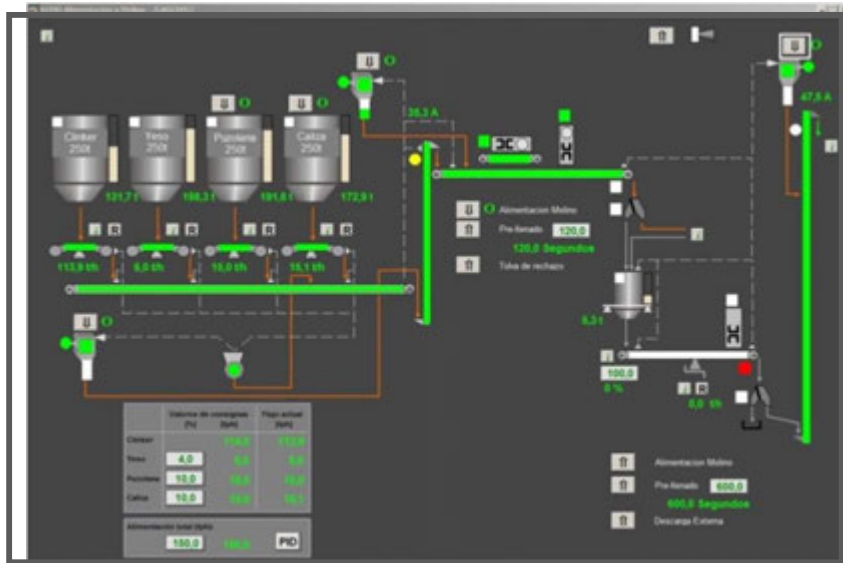


Figura 3.8.1. Pantalla de tolvas de dosificación.

Fuente [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 12 de Septiembre de 2013.

En el cual se ve las toneladas hora por cada tolva, por ejemplo 131.7 ton y su velocidad en dosificadora es de 113.9 t/h.

4.- Visualización inmediata de la producción.

Aquí podemos ver el ejemplo más claro de la producción por toneladas-hora (t/h), el informe inmediato nos indica si hay variación en la producción, por ejemplo en este caso nos indica 185 toneladas pero menciona las proporciones de cada uno de las dosificaciones tales como Clinker, yeso, caliza y puzolana, permite ver de inmediato el tonelaje que se está moliendo en este momento.

Cabe mencionar que también se pueden sacar los figuras de consumo en kW de los equipos de media tensión (4,16 kV) y baja tensión 460 V (ver figura 3.8.2).

Fecha	Power R1 (kW) C02040102 1, P001 A, A1	Power R2 (kW) C02040102 2, P001 A, A1	Power R3 (kW) C02040102 3, P001 A, A1	Power Basecorte (kW) C02040102 1, P001 A, A1	Ventilador de molino (kW) C02040102 1, P001 A, A1	Ventilador de gas (kW) C02040102 1, P001 A, A1
10/27/2012 0	0	0	0	0	0	0
10/27/2012 1	0	0	0	0	0	0
10/27/2012 2	0	0	0	0	0	0
10/27/2012 3	0	0	0	0	0	0
10/27/2012 4	0	0	0	0	0	0
10/27/2012 5	0	0	0	0	0	0
10/27/2012 6	0	0	0	0	0	0
10/27/2012 7	0	0	0	48	344	0
10/27/2012 8	0	0	0	71	1066	0
10/27/2012 9	764	685	816	152	1564	0
10/27/2012 10	888	808	916	153	1551	0
10/27/2012 11	906	901	920	160	1536	0
10/27/2012 12	842	799	943	173	1569	46
10/27/2012 13	985	898	1037	175	1620	23
10/27/2012 14	988	918	946	174	1630	22
10/27/2012 15	513	472	529	142	1673	14
10/27/2012 16	605	551	637	149	1672	13
10/27/2012 17	634	583	654	152	1671	14
10/27/2012 18	3	2	2	68	9828	1
10/27/2012 19	0	-1	-1	0	0	0
10/27/2012 20	0	-1	-1	0	0	0
10/27/2012 21	0	-1	-1	0	0	0
10/27/2012 22	0	-1	-1	0	0	0
10/27/2012 23	0	-1	-1	0	0	0
Suma	3019	2716	3170	680	7054	124
Average	301.9	271.6	317.0	68.0	705.4	12.4

Figura 3.8.2 Consumo de energía del Molino Vertical.

Fuente [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 12 de Septiembre de 2013.

Ahora comparemos con un molino de bolas su consumo promedio de energía. Si vemos en la pantalla el consumo promedio en kW del accionamiento que equivale a 2320 kW, esto significa que para producir 95.82 t/h (Ver figura 3.8.3), requerimos 24 kWh/t, lo cual parece muy económico.

Si lo comparamos con el vertical, tan solo con el promedio de sus tres accionamientos principales donde cada uno equivale a 1146 kW x 3= 3438 kW esto entre su producción total de 185 t/h resulta en 18.58 kWh/t, pero esta producción no es la normal para un molino vertical sino lo tenemos que hacer con 200 t/h, ya optimizado estaríamos hablando de 17.19 kWh/t lo que equivale a un consumo menor de comparado con los 24 kWh/t que requiere un molino de bolas por 95.82 t/h .

Si para producir 191 toneladas con un molino de bolas se tendría un consumo de energía de 48 kWh/t, con el molino vertical, equivale a 17.19 kWh/t por 200 t/h. Esta diferencia tan grande marca la pauta que tan solo en la visualización del sistema POLCID podemos darnos cuenta de la diferencia de producción y consumo de energía de dos molinos con diferentes tecnologías instalados en la misma planta. Aunado a esto, la automatización con POLCID va más allá con la tecnología de estadísticas que nos indican y darán la pauta para la adquisición de refacciones y mantenimiento respectivo.

Ahora bien, los valores de consumo eléctrico de los motores grandes de media tensión que mueven a las moliendas son planeados para que los datos sean llevados por el uso de buses conectados desde los variadores de frecuencia hacia el control central, por ejemplo un variador de frecuencia envía datos de potencia, rpm, frecuencia, voltaje, corriente etc., a través de conexiones de PROFIBUS o fibra óptica, esto hace que la media tensión sea automatizada y llevada a las pantallas de los sistemas de forma inmediata y visualizada por los operadores.

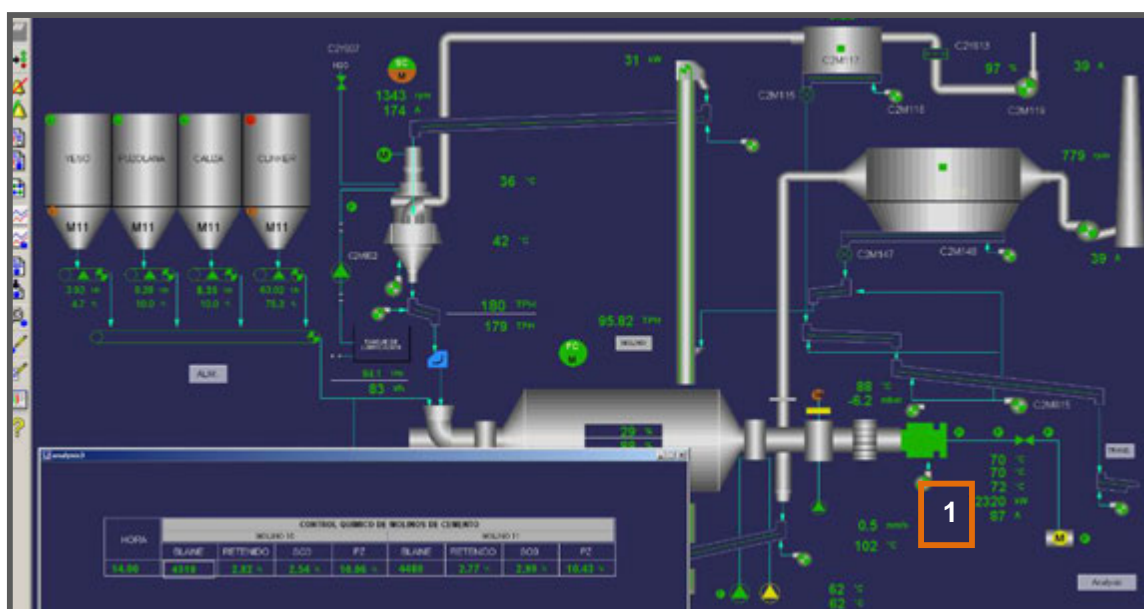


Figura 3.8.3 Pantalla del consumo promedio del accionamiento principal vs producción.

Fuente: [Cooperativa La Cruz Azul](#) ,consultada 12 de Septiembre de 2013.

3.9 Códigos de instrumentos y equipos para su identificación en el sistema POLCID

Los códigos son lo más importante, como ya lo vimos en el capítulo 2 en 2.5 y 2.6, el Planus marca la pauta con la identificación de los equipos e instrumentos. Cabe señalar que todos los clientes tienen su codificación independiente al Planus, pero en los diagramas de flujo siempre se adiciona el número de código del cliente como por ejemplo, la parte del diagrama de flujo ver figura 3.9 y la pantalla en POLCID (Ver figura 3.9.1). El variador del separador se llama C3D043-XFC01 lo que es igual en Planus al 5F1.SE01-XFC01 pero en POLCID se codifica como el cliente lo desee, por ello, los clientes se familiarizan con su código y para ellos es más fácil buscarlo en el área con esta denominación. Ahí reside la importancia de los códigos del cliente y el Planus para la identificación, localización y tipo de máquina y equipo eléctrico se trata.

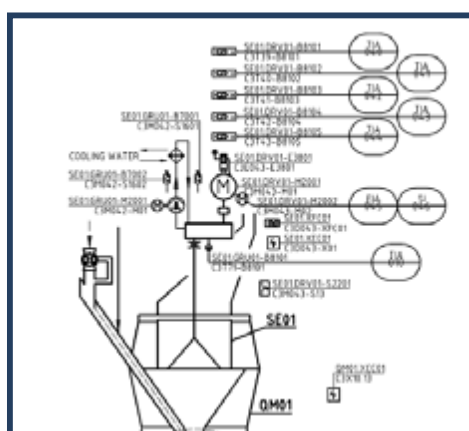


Figura 3.9 Diagrama de flujo con códigos Planus y cliente.

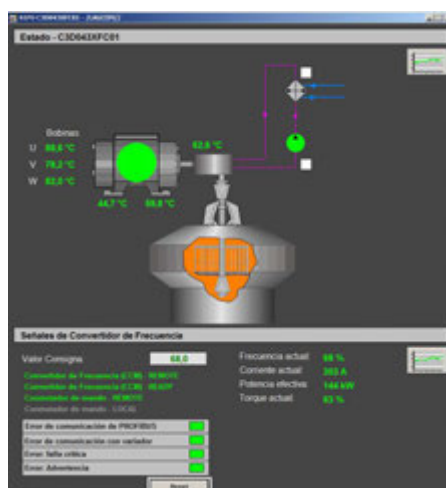


Figura 3.9.1 Diagrama de flujo con código del cliente.

Fuente [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 10 de Septiembre de 2013.

Cuando los operadores detectan una falla mediante alarmas y errores, llaman a sus respectivas cuadrillas de mantenimiento para revisar el problema del equipo, si se trata de

una falla mecánica o eléctrica. Esta es la utilidad de los códigos para que en los paros ocasionados por fallas, estas puedan ser atendidas inmediatamente por mantenimiento.

Conclusiones

En este capítulo se describieron y detallaron los pasos para automatizar un molino de cemento y la importancia que tiene un diagrama de flujo.

La mejora continua se basa en estudiar y analizar la información como primer paso, y se observó que normalmente los diagramas de flujo son solo para ver el proceso, pero en la industria cementera un diagrama de flujo significa automatizar. El automatizar el proceso tiene como beneficios la visualización directa del mismo, obtener valores, arrancar o detener el proceso, y todo con un solo sistema de control a través de POLCID.

La mejora continua a través de softwares, hace que nosotros podamos controlar la variabilidad de nuestro proceso, somos dueños y parte del proceso con automatizar todo a favor de nuestras necesidades.

La inclusión de molinos verticales de cemento automatizados va a garantizar una mayor productividad y vigilancia del proceso, esto demuestra que el hacer proyectos llave en mano bajo el concepto de Lean, tienen que ser más esbeltos para poder justificarlos, de otra manera no será posible realizarlos.

Al realizar proyectos automatizados y con tecnología moderna, se obtienen beneficios desde la planeación inicial hasta la puesta en marcha en caliente, como se verá en detalle en el capítulo 4.

CAPÍTULO 4

**Instalación y arranque de un Molino de
Cemento Vertical.**

Capítulo 4. Instalación y arranque de un Molino de Cemento Vertical

Introducción

En este capítulo se expondrán los procesos de montaje de un molino de cemento vertical, que deben tener buen control administrativo, técnico y de supervisión, con el fin de garantizar la calidad para la etapa final, que es la puesta en marcha o el arranque, ahí se comprobara si algún equipo tiene alguna falla o hay que optimizar.

El montaje eléctrico es siempre una de las últimas etapas del proyecto, debido a que es una de las disciplinas que tiene que esperar a que el departamento civil y mecánico esté listo para poder empezar a trabajar, la mayoría de las ocasiones, entra cuatro meses después del departamento mecánico.

La puesta en marcha y la automatización son los últimos procesos de una obra, ya que son los que marcarán los cambios finales y los ajustes llevados a cabo en la puesta en marcha en caliente, donde el molino trabaja con material para poder comprobar y elaborar las garantías contractuales del proyecto.

El sistema POLCID y el sistema MPS (de sus siglas al español "Sistema de Protección de Maquinaria") son los sistemas que automatizarán y controlarán todo el proceso de la molienda del cemento, cabe mencionar que estos sistemas, son lo último en la automatización para cementeras y estos productos son cada vez mejores a través del proceso de la mejora continua.

4.1 Descripción de fases del montaje eléctrico del Molino de Cemento Vertical

Análisis del Entorno

El entorno se refiere a factores externos a la empresa de montaje y que tienen implicaciones sobre la estructuración de la organización administrativa. En ciertos casos, condicionan la faena de trabajo, ya sea por restricciones impuestas, o por los requisitos que debe cumplir. La empresa debe estar preparada de antemano para adaptarse a estos requerimientos como:

Entorno Físico

Se refiere al medio físico y sus principales características.

- Clima.
- Tipo de suelo.
- Características regionales económicas, demográficas.
- De infraestructura y equipamiento básico (comunicaciones, caminos, habitaciones).

Entorno Legal e Institucional

- Por una parte se refiere a la normativa general
- Ordenanzas municipales
- Permisos y autorizaciones
- Restricciones (horarios, circulación de vehículos con carga, etc.)

Puntos importantes de una obra (Alsop, 2007):

En un proyecto una carta de intención y/u órdenes de compra marcan el comienzo de la fase de ejecución, misma que continúa hasta la terminación de toda la ingeniería, construcción y montaje. El objetivo, por supuesto, es completar la ingeniería de detalle, la contratación, construcción y montaje dentro del presupuesto y dentro de la programación. Es esencial, para establecer y tener una supervisión eficaz de los proyectos y el sistema de control que facilita la rápida identificación de los problemas y desviaciones, lo que permite una acción correctiva temprana. Hay una serie de buenas herramientas de programación de proyectos en el mercado, pero la clave es la revisión periódica y actualización de la programación.

El proyecto de un molino vertical de cemento llave en mano, implica más de 1500 actividades en el programa.

Una organización adecuada y una estructura de personal tiene que ser apta para operar y hacer todo lo necesario para llevar el proyecto a una etapa de terminación en tiempo, junto con la seguridad de los materiales, así como tener la disponibilidad de los equipos para la puesta en marcha.

El tiempo de construcción y los costes totales de inversión se pueden reducir mediante el seguimiento rápido de la construcción en paralelo a la ingeniería de detalle.

Esto significa que la construcción debe comenzar tan pronto como los primeros dibujos civiles estén disponibles.

Detalle de las actividades típicas de contratación:

- Asegurar la aprobación del presupuesto de inversión.
- Obtener autorización para realizar los pedidos para la adquisición de los equipos principales.
- Preparación de los detalles de las órdenes de los equipos auxiliares, evaluación y compra.
- Preparación de planos de detalle para la construcción de obra civil, montaje mecánico y la instalación eléctrica.
- Preparación de todos los documentos y el calendario para coordinar las actividades mencionadas.
- Revisión y aprobación de todos los proveedores y / o contratistas, con los documentos finales, especificaciones de datos y dibujos para asegurarse de que cumplen con las especificaciones del pliego de condiciones.
- Completar el perfil de riesgo para proporcionar operaciones de la planta con un análisis claro de los riesgos y las limitaciones derivadas de las decisiones costo-beneficio realizado durante el diseño y obra. Además deben estar preparados de forma apropiada los planes de contingencia.

Presupuesto y control de tiempo:

- Monitoreo continuo del presupuesto y programación mediante un sistema de control adecuado.

Control de calidad:

- Realización de inspecciones de talleres adecuados y oportunos para detectar y subsanar las deficiencias antes de que den lugar a problemas de construcción o montaje.
- Tener en cuenta que a veces apretar a los contratistas trae beneficios.
- Supervisión constante a los contratistas en sitio.
- Verificación final de los equipos, instalaciones y obra civil. Una lista de deficiencias final debe ser establecida y comunicada. Las deficiencias deben estar clasificadas de acuerdo a la prioridad que se rectifique inmediatamente o antes de la puesta en marcha, durante la misma o de la aceptación final.

Responsabilidades de gestión de proyectos y la organización del proyecto:

- La coordinación de todas las actividades de las partes involucradas.
- La implantación de medidas correctivas cuando se producen desviaciones, preparación y difusión de informes periódicos.

Organización en planta:

- La estructura y organización de operación de la planta debe estar lista para su aplicación antes de la puesta en marcha.
- Los Procedimientos de operación y mantenimiento deben desarrollarse y documentarse. Los materiales de proveedores de equipo forman parte de este compendio. La documentación debe ser corregida, y es necesario hacerlo, después de la puesta en marcha, esto se conoce como AS-Built..
- Capacitación a los gerentes de operaciones, operador, y el personal de mantenimiento antes de la puesta en marcha. Este debe cubrir la parte específica que se construyó y puede implicar también una formación más general en función de la experiencia previa.
- Asegurar la disponibilidad de todas las materias primas, aditivos, combustibles, insumos y repuestos como se requiere para el arranque de una planta.
- Los sistemas de comercialización y distribución deben establecerse, si se trata de una planta nueva o incluso de alguna área nueva dentro de la planta
- Asegurarse de que todos los permisos y las pruebas de seguro necesarias estén disponibles de acuerdo a la gestión de la planta.

Organigrama de obra

Una vez que ya se tiene el análisis del entorno, la empresa que ejecuta el proyecto llave en mano planea su organigrama de sitio. En la figura 4.1 se observa que la coordinación de un líder de proyecto implica debe estar en todo.

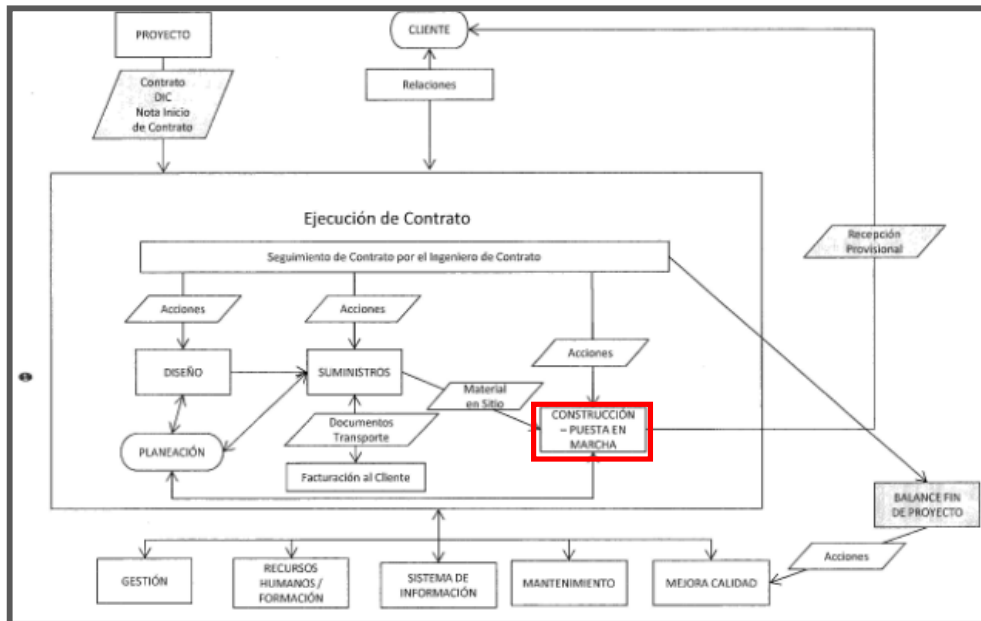


Figura 4.1 Organigrama de ejecución de Contrato

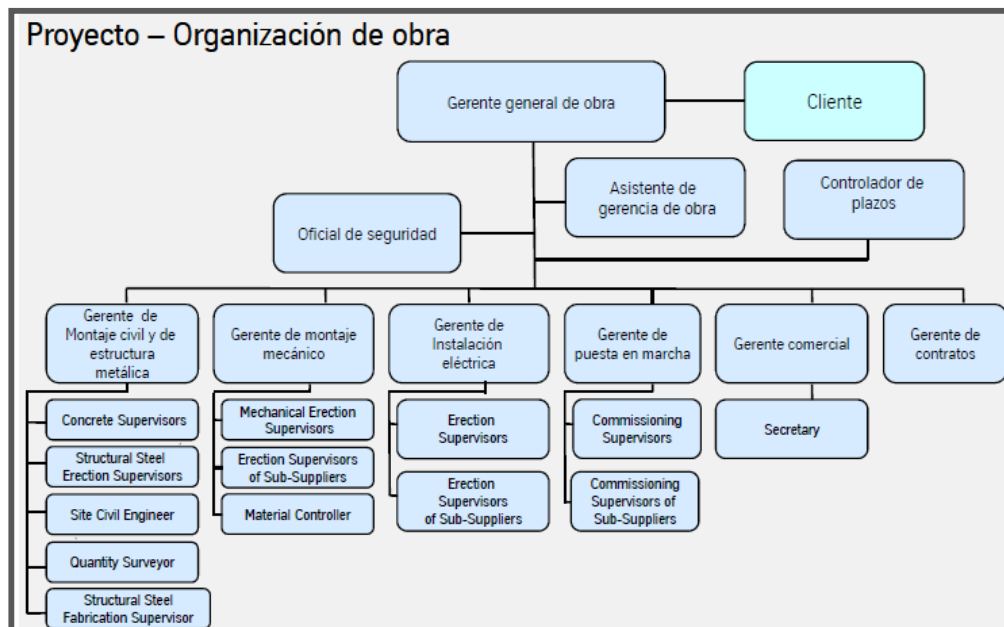


Figura 4.1.1 Organigrama Vertical en Obra.

El cuadro marcado en rojo en la figura 4.1 detalla la organización en sitio que se muestra en la figura 4.1.1, de lo anterior se observa que las gerencias en sitio serán las encargadas de llevar el control de cada uno de los contratistas de su respectiva disciplina. Esto significa que el líder de proyecto tendrá como canal de comunicación al gerente general de la obra.

Análisis de la Actividad de Logística.

Para evitar contratiempos se impone que la logística sea bien coordinada. De aquí la importancia de una clara definición de las responsabilidades y las fechas en que se envía cada sección o equipo a la obra.

Debido a la complejidad de los proyectos o a limitaciones de espacio, no es posible almacenar el material en el sitio mismo del montaje, por lo que se hace necesario un área sede de recepción o patio de almacenamiento. En general, las secuencias de fabricación rara vez coinciden con las del montaje, esta situación hace necesario conservar los envíos de piezas hasta formar un volumen grande y posteriormente mandarlos al sitio. Se sobreentiende que mantener patios de almacenamiento, exige disponer por lo menos de una grúa.

Se exige definir con especial cuidado las secuencias de producción y envíos poniendo especial énfasis en verificar que el tamaño y peso de las piezas en forma individual esté dentro de las capacidades de fabricación, limitaciones de transporte (como longitud, peso máx.) y límites del equipo de montaje.

Análisis del Espacio Físico

Se dirigen tres grandes puntos de incidencia en el terreno en la planificación del trabajo:

- Acceso a la obra.
- Disponibilidad de espacio en los patios y acopio de estructura.
- Se procede hacer la Topografía del frente de trabajo.

En otros casos el terreno es accidentado, poseer un replanteo de los alrededores del frente exacto del trabajo, resulta ser un antecedente imprescindible en el análisis de maniobras.

Pero el aspecto más importante al que apunta el replanteo, es el último chequeo previo al montaje, de las fundaciones y posiciones relativas de los pernos de anclaje.

Recepción y Descarga:

El culminante de la recepción física en el terreno, es el protocolo administrativo de recepción (inspección y aceptación de la guía de despacho), la descarga e identificación de los elementos recibidos.

Verificación de calidad, revisión, codificación de acuerdo a Planus, corrección de piezas por mala calidad.

Para montar una estructura, los componentes deben ser enviados de tal forma que queden perfectamente individualizados e identificados con listas de materiales por nombre del edificio.

Traslado al Frente de Trabajo:

Los medios para materializar el traslado de los equipos eléctricos varían de acuerdo a las características de los elementos (tamaño, peso, forma, etc.).

Pre-armado:

El pre-armado consiste en unir varios elementos consecutivos de una sección; por ejemplo un CCM o subestación y equipos, con el propósito de no levantar un elemento de mayor tamaño. Esto permite bajar la duración de las maniobras, con el consiguiente aumento del rendimiento.

Montaje Eléctrico y automatización:

Es el proceso mediante el cual se emplaza cada tablero en una sala eléctrica, se coloca en su posición definitiva. Este trabajo es hecho por el contratista eléctrico experto en montajes para la industria cementera especializado con trabajadores, quienes se guían por los planos de la ingeniería básica y de detalle, realizados por el diseñador de la ingeniería eléctrica. Se identifica cada pieza por medio de etiquetas con el número Planus, lo cual hace más accesible el montaje para eléctrico (esto se verá en el apartado 4.2.). Para el montaje por ejemplo, de subestaciones y los transformadores del proyecto generalmente participa un grupo del mismo contratista y el jefe de montaje del proyecto llave en mano que dirige el equipo para la instalación y la posición correcta dentro de la sala eléctrica.

Alineamiento de tableros:

Luego de haber colocado el equipo, es necesario alinearlos en posición correcta de acuerdo a la ingeniería de detalle y de acuerdo a las normas establecidas por los fabricantes para asegurar su correcta instalación.

Instalación de instrumentos, sensores y cajas eléctricas, etc.

Esta parte requiere que el jefe de montaje tenga los conocimientos necesarios para dirigir en forma precisa al contratista de montaje eléctrico, es muy necesario contar con la experiencia para hacer este tipo de trabajo, adicionalmente, el saber leer planos de ingeniería básica y de detalle, así como diagramas de flujo.

Con la estructura Planus, ya que se sabe: dónde, de qué máquina, localización y tipo de parte eléctrica. Aunado a esto, cada parte debe estar etiquetada con este número de Planus por el equipo de logística y esto se coteja con los planos de la ingeniería de detalle y se procede a instalar. La ventaja de esto es que funciona con orden y marcaje correcto previo al envío, lo que evita tener un rompecabezas y estar buscando entre los equipos, y repercute en el tiempo para montaje de sensores, pero el PLANUS y el marcaje son una

ventaja para que cualquier ingeniero pueda hacer este trabajo, con un poco de experiencia y con un jefe de almacén.

Los puntos que juegan el papel más importante son:

Ingeniería Básica

En esta etapa se define cómo se van a montar los equipos necesarios para el proceso posterior a la construcción. La ingeniería básica es uno de los principales factores para tener o no desviaciones.

Ingeniería de Detalles

Es común que en un área para una planta cementera, como por ejemplo; la instalación de un Molino de Cemento Vertical con rodillos, se demande la elaboración de unos 50 planos, donde se detalla la ubicación de cada parte que se especificó en el diagrama de flujo, cabe mencionar que esto no incluye planos de control para los Centros de Control de Motores (CCM's), ni de gabinetes de E/S y otros gabinetes del proceso de automatización, ya que estos tienen los detalles de conexión a través de sus diagramas de control.

La Construcción

El montaje industrial requiere de un sistema constructivo distinto del habitual. A la obra suelen precederla movimientos impresionantes de tierra, equipo y personal en el sitio, como movilización de contratistas para la ejecución de los proyectos como civiles, eléctricos y mecánicos, habitualmente, los proyectos de la industria cementera se ubican en áreas de difícil acceso. Cabe mencionar que dentro de las obras hay picos de montajes en las que las tres disciplinas se unen y tienen que trabajar al mismo tiempo en una misma área, esto requiere de gran coordinación y también de tener una seguridad muy controlada para evitar accidentes o muertes que incluso pueden parar un proyecto.

Seguridad

La seguridad es una parte importante de la calidad, ya que algunos equipos y normas de seguridad se basan en la OSHAS, estas normas y estándares, se deben cumplir en toda obra.

El tener obras seguras garantiza no solo la calidad del trabajo sino también la protección al personal. Esto se logra a través de la capacitación continua semanal a los gerentes, jefes y supervisores del montaje en general, estas actividades cumplen con la necesidad de proteger al personal, para evitar problemas a los clientes o usuarios finales.

4.2 Montaje esbelto con códigos Planus

El montaje es la etapa más difícil de un proyecto, ya que todo lo que se ha previsto no debe de faltar en la obra, es por eso que el control y la estructura con el Planus que se elabora en SAP, juega un papel importante desde un inicio, lo cual nos ayudara en lo subsecuente (Ver Figura 4.2).

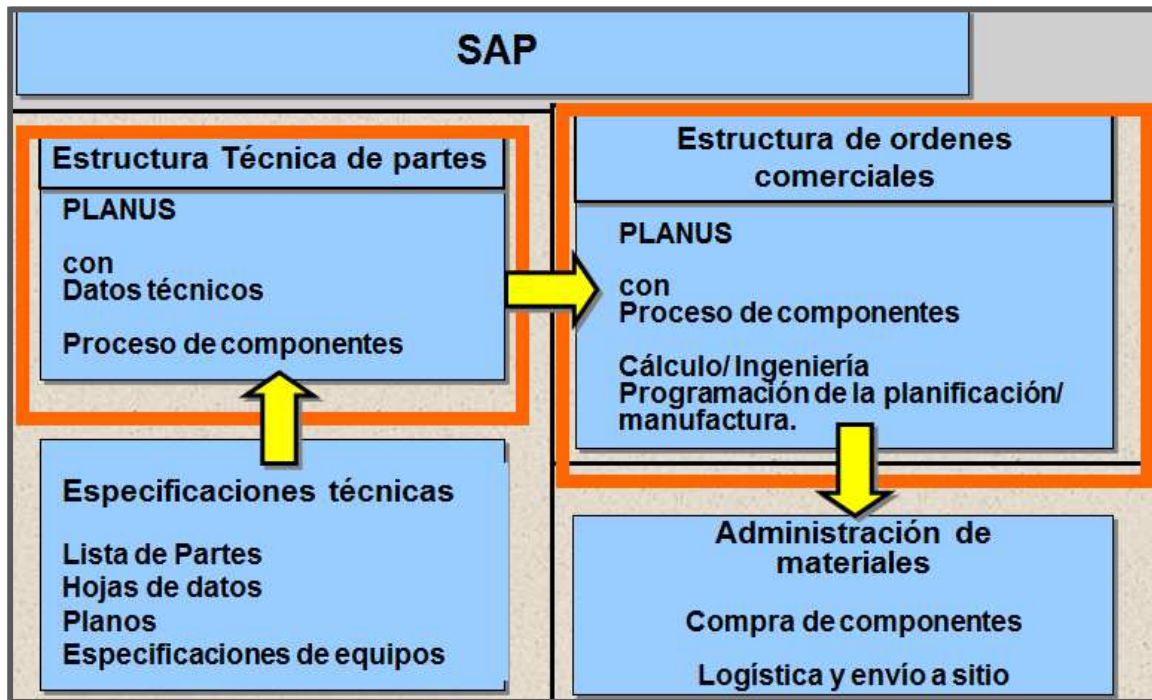


Figura 4.2. Proceso de SAP desde especificaciones hasta el envío a sitio.

Desde que se especifica el equipo y la estructura Planus de cada parte en el área asignada, se podrá elaborar una orden de compra y por último el equipo de logística imprimirá desde SAP las etiquetas para la entrega al departamento de logística hasta su envío a la obra.

Por ejemplo; una vez que llega a sitio en este caso una caja de control para una grúa el jefe de almacén avisa que esta es el departamento eléctrico de montaje y le entrega la lista de empaque.

Entonces, el Planus será nuestra guía para el montaje de esta caja, pero hay que tener en cuenta previo al montaje consultar el diagrama de flujo, ingeniería de detalle, tener la disponibilidad de la plataforma y montar la caja para que penúltimo paso sea la conexión y finalizar con la puesta en marcha.

1.- El Jefe de Montaje busca en el diagrama de flujo (Ver. Figura 4.2.1).

La posición 5F1.QM01.XCC01

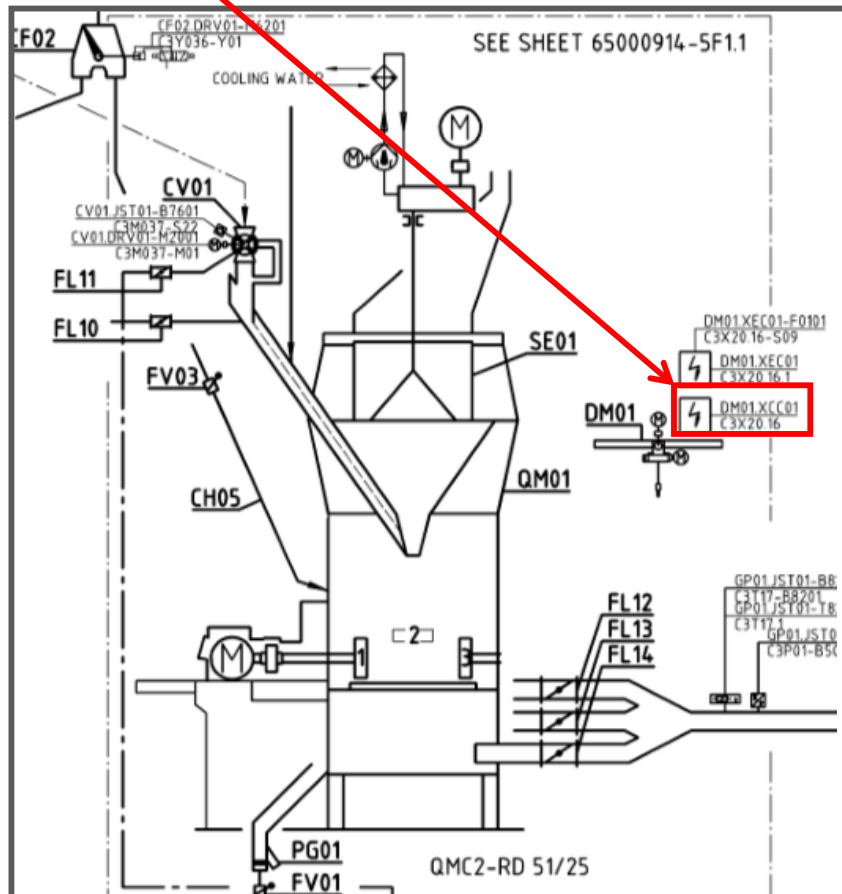


Figura 4.2.1 Diagrama de Flujo de la caja de control de la grúa de 125 toneladas.

2- El Jefe de Montaje busca la partida en el almacén, misma que ya fue reportada, cuando llego al sitio (Ver figura 4.2.2).

Etiqueta para identificación de una caja de control para la grúa de control remoto de 125 toneladas para la carga de los rodillos.



Figura 4.2.2 Caja de control identificada con una etiqueta.

3.- El jefe de Montaje observa el diagrama de flujo y la ingeniería de detalle.

En diagrama de flujo en 4.2.1, se observa que el código Planus viene con otro código abajo, éste es el código del cliente o usuario final, y éste es el que se representa en la ingeniería de detalle, la cual es de suma importancia tal y como se describió en 4.1.

En la figura 4.2.3 se observa en el diagrama de flujo (Ver figura 4.2.1) que la caja tiene un código de cliente C3X20.16 y observando en la ingeniería de detalle nos indica su posición en el edificio de cemento en la plataforma Nivel +14.155 y los cables para conectar dicha caja para ser alimentada desde el centro control de motores (CCM's).

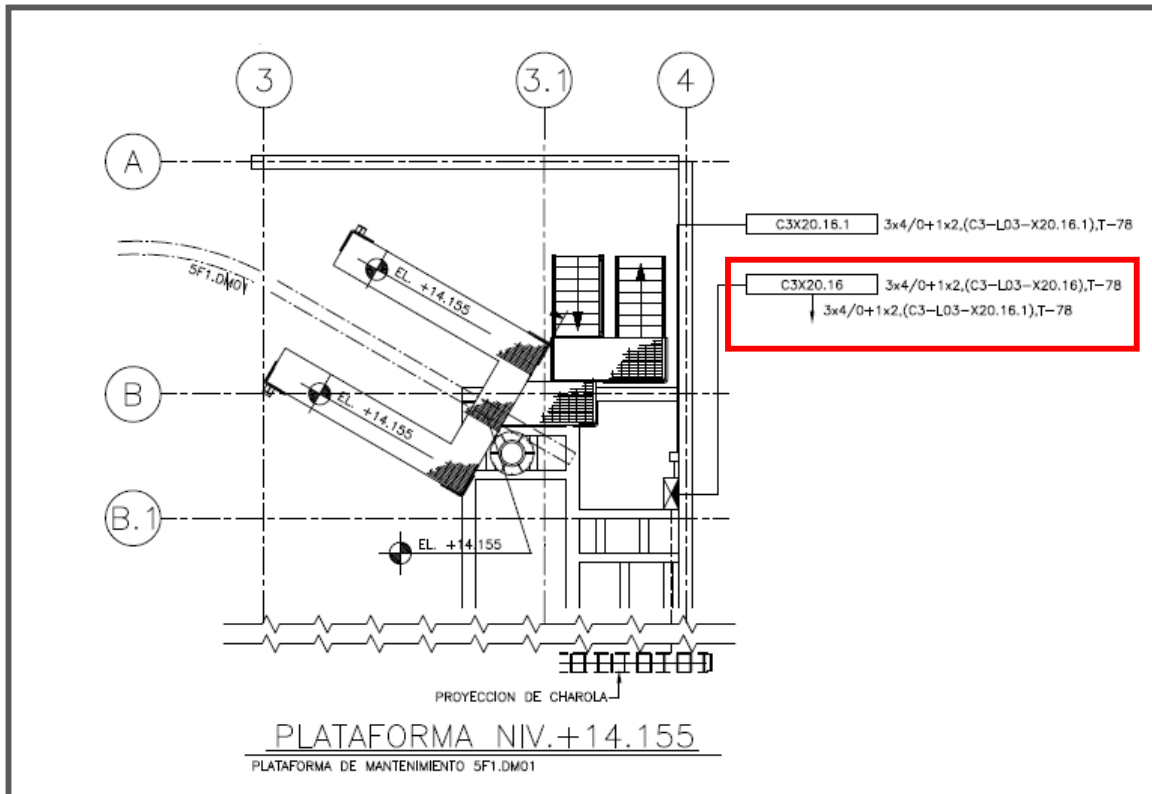


Figura 4.2.3 Ubicación de caja en ingeniería de detalle.

Finalmente, la caja de control será la que distribuirá la energía a la caja de grúa principal para el montaje y mantenimiento de los rodillos, en la figura 4.2.4, se puede observar que tan importante es cada componente que se instala, cabe mencionar que el personal en sitio, tiene que tener un conocimiento pleno de cómo saber relacionar la información y la realidad en los edificios, para el montaje hay que tener mucho sentido de ubicación, por lo que los supervisores tienen que tener visión en el momento de montar cada equipo.



Figura 4.2.4 Caja de control que alimenta grúa de rodillos.

4.3 Cronograma de montaje y tiempos de puesta en marcha

Para establecer los tiempos de montaje, siempre es necesario que el ejecutor del proyecto llave en mano supervise y ponga atención sobre el contratista eléctrico en lo siguiente:

- Gente capacitada en instalaciones eléctricas como charola, conexión de cableado y cables de control, instalaciones de alumbrado y equipo etc.
- Personal con liderazgo para supervisar a los obreros.
- Amplio conocimiento en montajes.
- Licencias de su personal para manejo de grúas y montacargas.

El equipo necesario para el desarrollo del montaje es el siguiente: una grúa o montacargas, equipos para doblar tuberías, máquinas de soldar, equipo de seguridad para el personal tales como cascos, arneses, cuerdas de vida, escaleras, andamios, etc.

Para programar los tiempos del montaje el contratista y el ejecutor del proyecto llave en mano deben realizar un cronograma de la instalación del equipo eléctrico utilizando la herramienta más moderna como es, Microsoft Project, que es un programa para creación, seguimiento y gestión del proyecto, a los que se puede dar seguimiento por medio de diagramas de Gantt, calendarios o diagramas PERT.

Project es una herramienta que se puede aplicar en cualquier área en donde se trabaje por planeación de proyectos, es decir, en casi todo. Estas áreas pueden ser el ramo de la construcción, ramo industrial, comercial y en general todas las empresas públicas o privadas que quieran mejorar la organización y gestión de sus proyectos (Ver figura 4.3).

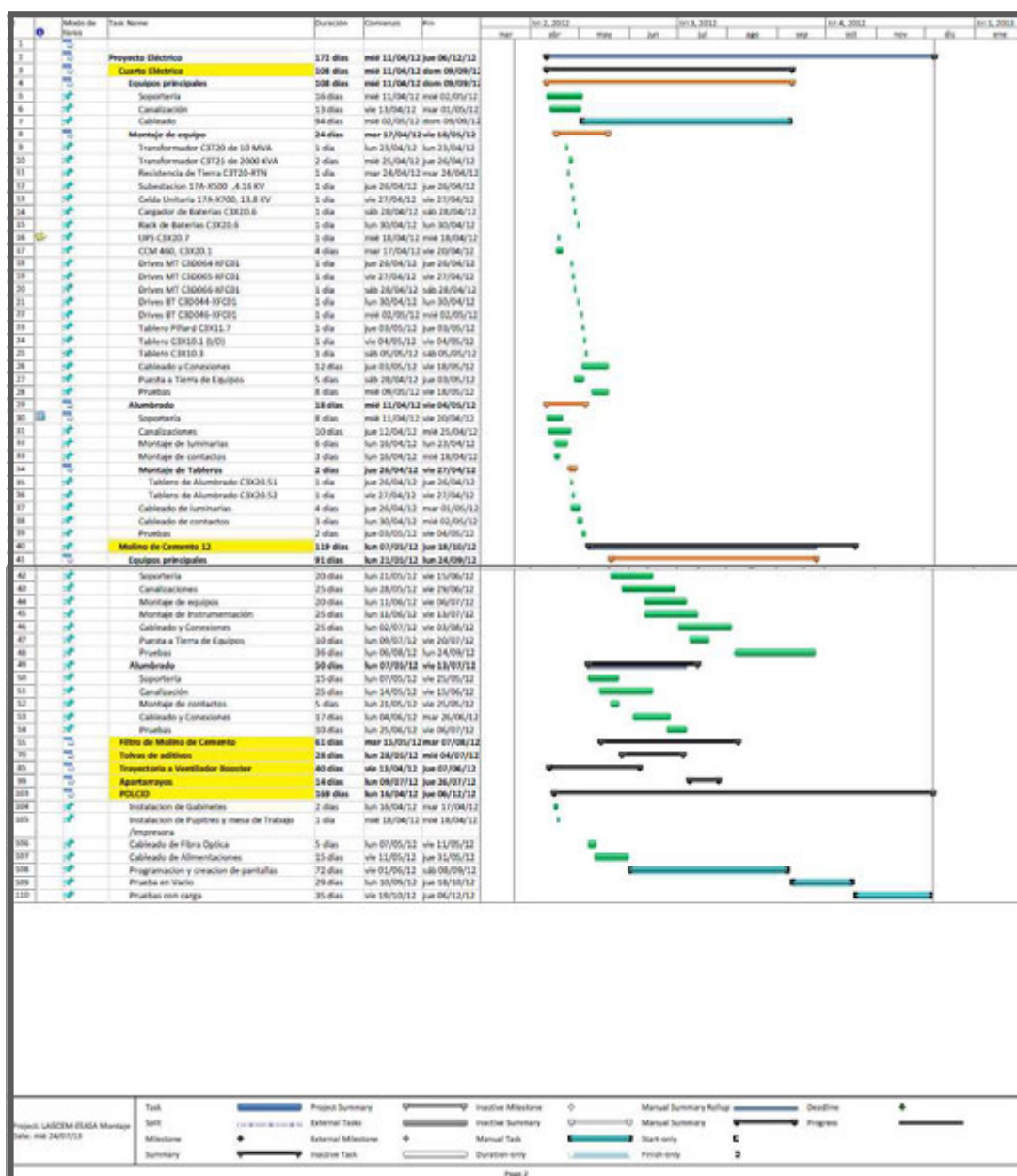


Figura 4.3 Cronograma de instalación de equipo eléctrico de fuerza, alumbrado y automatización con pruebas en frío y pruebas con material.

Los tiempos del montaje tienen que ser definidos con precisión pero también puede haber factores que no se pueden controlar tales como:

1. Robo de Cables en carreteras y almacenes.
2. Sabotajes o explosiones por malas conexiones.
3. Desastres Naturales.
4. Accidentes mortales de personas clave en el proyecto.
5. Accidentes de transportistas con equipo clave.

Estos problemas típicos se pueden controlar, a excepción los desastres naturales, pero que pueden ocasionar retrasos, no solo para el departamento eléctrico, sino para cualquiera área o departamento en la obra.

En la figura 4.3.1 se pueden observar los tiempos de la puesta en marcha y los tiempos de montaje por persona y por actividades, en azul esta personal de montaje y en rojo está el personal de puesta en marcha. Con base al cronograma aquí interactúan personal eléctrico, de automatización y mecánico para la puesta en marcha.

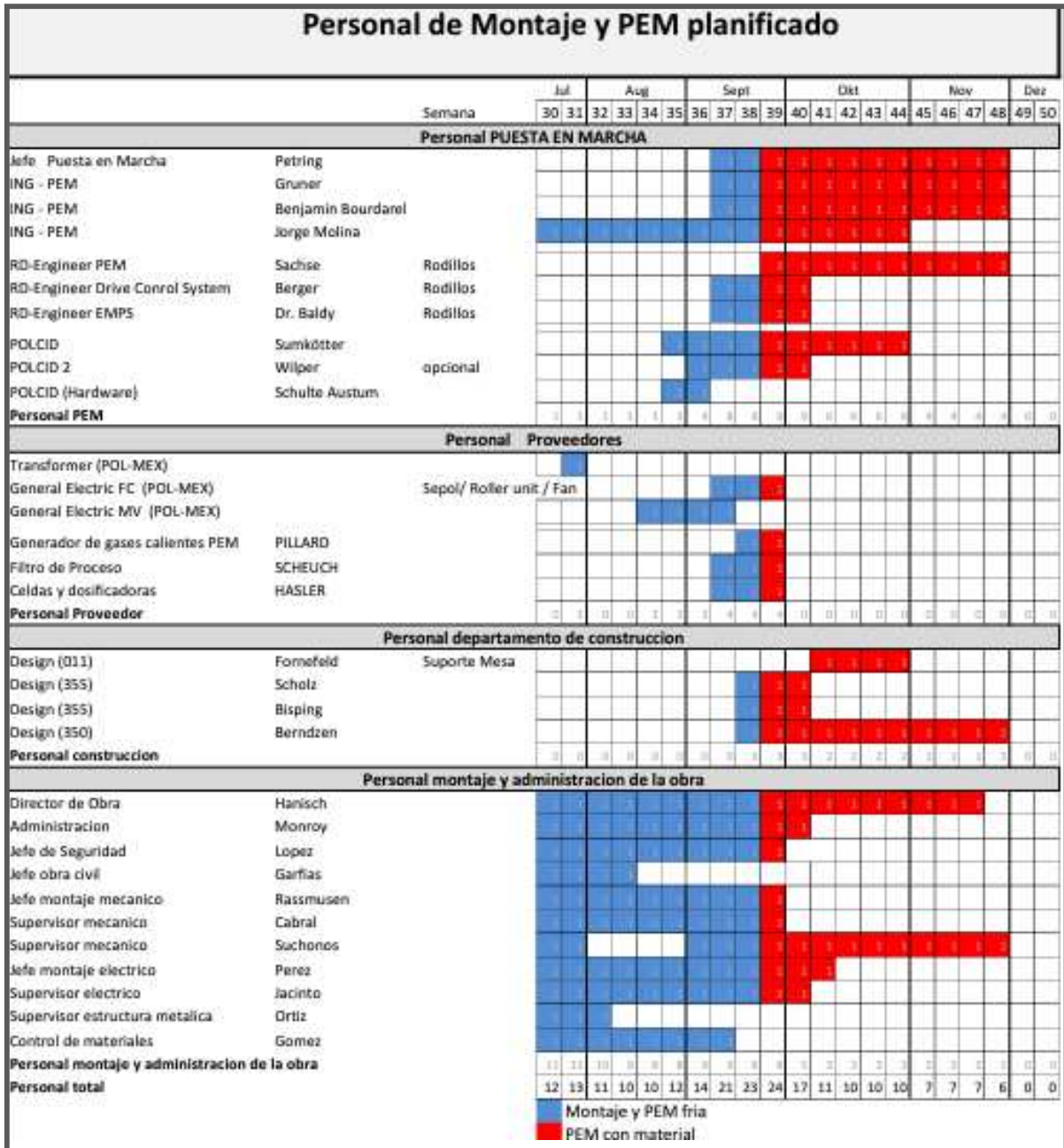


Figura 4.3.1 Planeación de la puesta en marcha y finalización de montaje eléctrico.

4.4 Programación y ruta crítica del montaje de terminación del proyecto

A continuación se proporciona un ejemplo del control de avance de montaje, en el que se puede observar un retraso en el proyecto. En este caso se nos presenta la curva de avance del contratista eléctrico, en el cual los datos para obtener esta curva fueron obtenidos del cronograma hecho en MS (Microsoft Project). La curva azul es lo programado para finalizar el proyecto y la curva verde es el avance real, estas mediciones se realizan al contratista eléctrico, una vez cada 15 días, la fecha de finalización de acuerdo al cronograma debía ser el 18 de Octubre para el comienzo de las pruebas en frío (Ver figura 4.4).

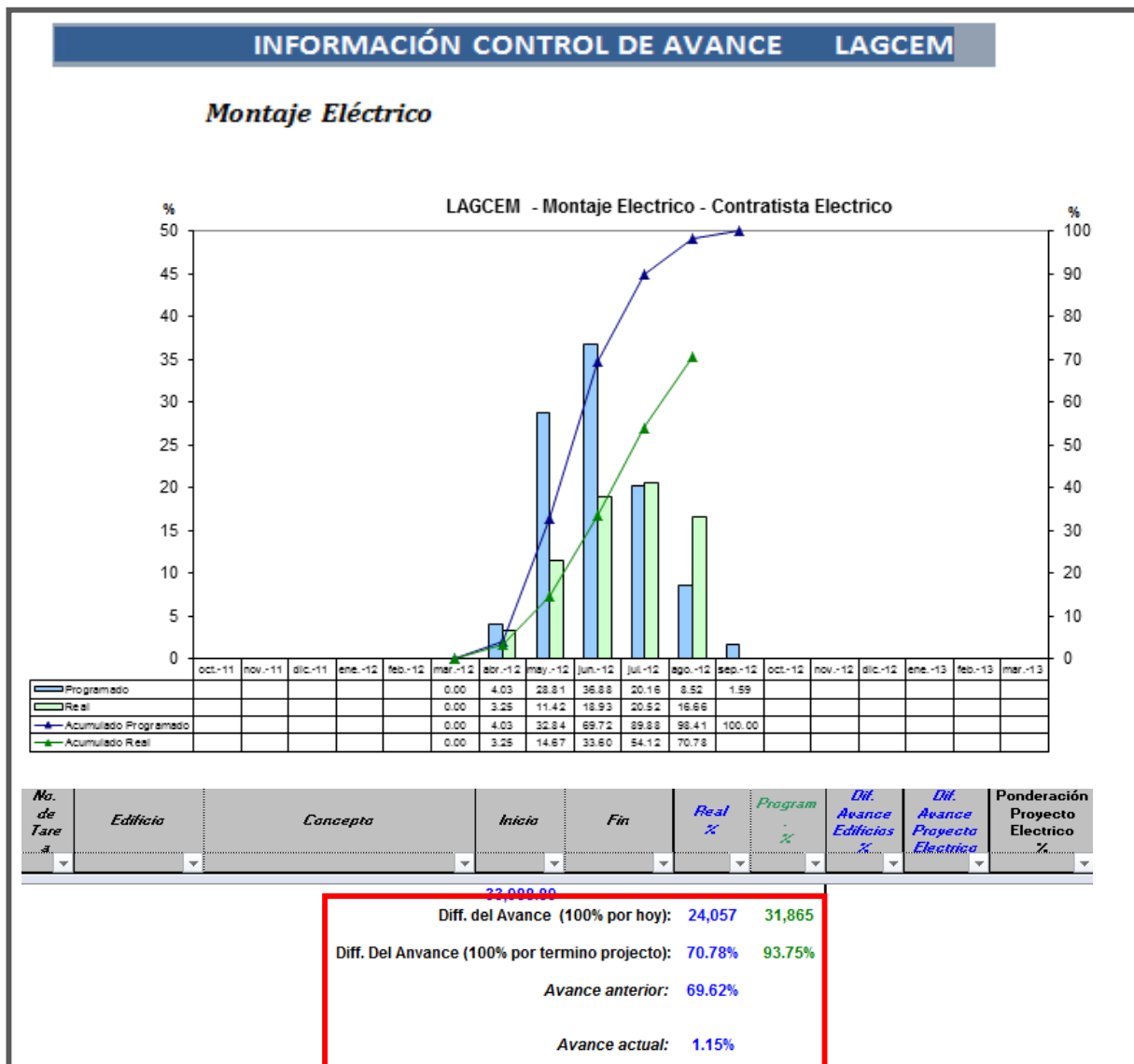


Figura 4.4 Información de avance del proyecto del molino de cemento

De acuerdo al cuadro en rojo en la figura 4.4, se menciona que estaba a 31.865 % de concluir las tareas de acuerdo a lo programado. Lo anterior causo gran preocupación ya que solo quedaban 64 días y se analizó de la siguiente manera si era factible.

Los datos de las tareas que tenían más días se pusieron en esta tabla:

<i>Actividad</i>	Duración de la actividad (días)
a	20
b	10
c	8
d	11
e	7
f	6
g	12
h	13
i	5

Presentación del problema:

Descripción de las actividades

a = Cableado y aterrizaje de tierra de equipos principales.

b= Alumbrado de Chimenea.

c= Instalación de máquinas de soldar y su cableado.

d= Conexionado tableros de control, tales como Gabinetes E/S.

e= Conexión de sistema de protección de maquinaria.

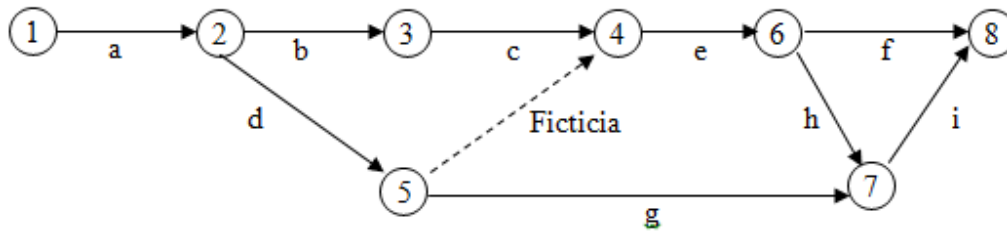
f= Prueba de fases de motores principales de media tensión y baja tensión.

g= Alumbrado de filtros de desempolvado.

h= Conexión de polipastos.

i= Cambios solicitados por cliente por no conformidad.

Dibujo del CPM (Traducción de las siglas en inglés, Método del camino crítico)

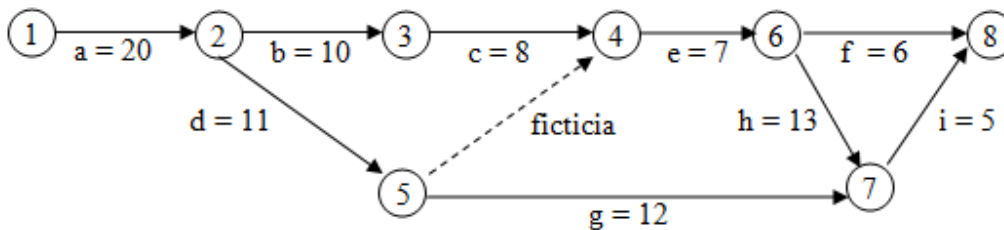


Note que tanto la actividad c como la actividad d son predecesores inmediatos de la actividad e. Para mostrar que la actividad d debe quedar terminada antes del inicio de la terminal e, se utiliza una actividad falsa. Una actividad ficticia no involucra trabajo ni tiempo; simplemente muestra la relación de precedencia, es decir, el orden de las actividades.

Análisis de las trayectorias.

Ahora en el ejemplo 1 se desarrolló el diagrama de red CPM para el cálculo de los tiempos del proyecto del Molino de Cemento, se analizaron las trayectorias a través de la red para determinar cuál de ellas es la ruta crítica y cuánto se espera que tome la terminación del proyecto.

Primero, se detalló la duración de cada actividad debajo de su flecha. Por ejemplo a = 20 se escribe debajo de la flecha a:



Se identificó por medio de estas trayectorias y se calculó la duración de cada trayectoria:

Trayectorias	Duración de las trayectorias (días)
a-b-c-e-f	$20 + 10 + 8 + 7 + 6 = 51$
a-b-c-e-h-i	$20 + 10 + 8 + 7 + 13 + 6 = 64^*$
a-d-e-f	$20 + 11 + 7 + 6 = 44$
a-d-e-h-i	$20 + 11 + 7 + 13 + 6 = 57$
a-d-g-i	$20 + 11 + 12 + 6 = 48$

* Ruta crítica

La trayectoria más larga es de 64 días, y se trata de la ruta crítica, que determina la duración para finalizar el proyecto; por lo tanto, significa una demora de 64 días en terminarse, entonces el proyecto acabaría el 18 de octubre, pero la ruta crítica marca seguir a, b, c, e, h, i aunque para poder hacer más rápida la puesta en marcha se tomó

la ruta a, d, e y f , puesto que estas actividades son de proceso y vale la pena acortar el tiempo para las pruebas tales como:

- a = Cableado y aterrizaje de tierra de equipos principales.
- d= Conexión de tableros de control, tales como Gabinetes E/S.
- e= Conexión de sistema de protección de maquinaria.
- f= prueba de fases de motores principales de media tensión y baja tensión.

Esto significa que las actividades a, d, e y f ahorran 20 días antes de que concluya el montaje eléctrico, dando oportunidad al jefe de montaje eléctrico y su equipo de apoyar durante la puesta en marcha en caliente para probar con un poco de más holgura y solo la supervisión trabaje en b, c, g, h y i asignando a un equipo pequeño para las conexiones que no afectan al proceso, terminando en la fecha acordada en el contrato y así evitar penalizaciones de algún índole que afecten a las utilidades de la empresa.

Veamos las razones o motivos que ocasiono el retraso (Ver Figura 4.4.1.)



Figura 4.4.1 Informe de avance en suministro de equipos.

Si vemos 4.4.1 los suministros del equipo eléctrico se desaceleraron debido a las inspecciones personales por parte del cliente. La curva no significa que los equipos no estaban disponibles, sino que tuvieron un retraso en su entrega en sitio, no como se había pronosticado y que en el mes de julio se suministraron cables complementarios, este tipo de cuestiones afectaron la curva como se observa en 4.4 afectando retrasos al contratista.

Para concluir hay veces que en los proyectos llave en mano surgen imprevistos ocasionados básicamente por los proveedores o inspecciones como en este caso lo hizo el cliente, pero hacer el estudio y hablar con el contratista, se le dio prioridad a las actividades más cortas en nuestro esquema del PERT. Al comprender la ruta crítica del proyecto se permite a la empresa priorizar las tareas que requieren una mayor atención y fijar la ruta crítica al contratista y que tenga en mente que tiene una prioridad para concluir el proyecto por completo.

4.5 La puesta en marcha y su relación con la calidad

El objetivo es garantizar el funcionamiento de los equipos para llevar a cabo el proceso correctamente, así como dar cumplimiento cabal de las obligaciones contractuales por parte de los contratistas y proveedores (Alsop, 2007).

Puesta en marcha implica pruebas sin carga ^[1] o con carga ^[2] si así lo desea el cliente, optimiza y maximiza el rendimiento y confirma que todas las garantías se cumplan antes de la aceptación por el cliente o usuario final.

Asimismo, incluye ingenieros especialistas de los principales distribuidores y contratistas. En un proyecto llave en mano la responsabilidad general recae en el contratista llave en mano. Sin embargo es esencial, que el propietario o su representante confirme que los procesos y resultados son satisfactorios.

Para el control de calidad, será necesario:

1. Preparar una puesta en marcha y un cronograma para su coordinación.
2. Supervisar todas las pruebas necesarias para aceptar el equipo.
3. Revisión final de todos los equipos, instalaciones y obra civil para preparar una lista de deficiencias, monitorear las correcciones, y posteriormente emitir los certificados de aceptación para la recepción de las instalaciones por parte del cliente.

Gestión de la organización del proyecto:

1. Coordinar las actividades de todas las partes involucradas.
2. Iniciar medidas correctivas cuando se detecten deficiencias o desviaciones.
3. Emitir la necesaria toma de posesión de certificados y determinar sanciones o medidas correctivas para las garantías de rendimiento incumplidas.
4. Preparar y comunicar informes periódicos del progreso del proyecto.
5. Llevar a cabo una auditoría final del proyecto antes de que el equipo del proyecto deje el sitio. Esto se basa en el seguimiento continuo y retroalimentación durante todas las fases de ejecución del proyecto y tiene como objetivo principal a los problemas y lecciones aprendidas.
6. Garantizar que la documentación As-Built ^[3] se transfiera al cliente.

^[1] Puesta en marcha sin carga o puesta en marcha en frío significa que las pruebas son sin materias primas, significa la prueba de secuencias de los equipos al vacío.

^[2] Puesta en marcha con carga o puesta en marcha en caliente significa que las pruebas son con materia prima, significa que los equipos trabajan para lo que fueron diseñados.

^[3] Documentación "As-Built" significa que los documentos eléctricos y de control principalmente muestren los cambios que se hicieron, esta información le será muy útil al usuario final en caso de mantenimiento correctivo o preventivo.

Operación de la planta.

Es, por supuesto, necesario disponer de un personal de operación y organización para hacerse cargo de la planta tras la finalización de la construcción. Esto se establece más fácilmente por una empresa que tiene operaciones existentes. Para un nuevo operador, la elección es entre la contratación de un equipo de gestión con experiencia para establecer el plan de capacitar al personal, o contratar una empresa operadora de cemento que proporcione la gestión de operaciones.

Control de Calidad

Una fase final de control de calidad consiste en una auditoría del proyecto que se efectúa un año después de puesta en marcha.

Las tareas incluyen:

1. Evaluar los riesgos en las operaciones, deficiencias en el desempeño y la eficacia de los planes de contingencia.
2. Analizar el rendimiento y, en su caso, proponer modificaciones rentables para reducir el riesgo y aumentar la fiabilidad y la eficiencia.
3. Revisar las deficiencias de diseño, especialmente el aplazamiento consciente de ciertos equipos o almacenamiento en el proyecto inicial y recomendar nuevas inversiones, si es necesario.
4. Revisar los procedimientos de operación y con la gestión de la planta de mantenimiento y modificación, si es apropiado.
5. Analizar la experiencia operacional de las plantas contra las expectativas del diseño y el registro y comunicar las "lecciones aprendidas" para su incorporación en los proyectos futuros.

En caso de no llevar una auditoria para el control de calidad después de la puesta en marcha, no se podrá monitorear las deficiencias o mejoras que se podrían realizar para la optimización, lo que en caso de no hacerlo podría ocasionar que toda la información la obtención de lecciones aprendidas, las cuales podrían tener repercusiones en futuros proyectos.

4.6 La puesta en marcha esbelta en fase de pruebas

Cabe mencionar que la puesta en marcha puede ser más eficiente con varias herramientas:

1. Previo a la fase de montaje, se asegura que los ingenieros de eléctricos cuiden y aseguren la calidad de los equipos con los proveedores, por ejemplo un transformador requiere de muchas pruebas como; rigidez dieléctrica del aislamiento y rigidez dieléctrica del aceite, megger etc. Todo esto se realiza en el laboratorio de pruebas con el proveedor y se emiten reportes de pruebas y dossiers de calidad.
2. Supervisar que el contratista de montaje tenga experiencia con el conexionado de cables de control e instrumentación a los equipos.
3. Cuando los cables o buses que llevan datos a POLCID, se le exija al contratista la entrega de los protocolos de prueba, ya que esto asegura que se va a tener comunicación con la red que conecta a POLCID. En la figura 4.6 se muestra los buses tales como Fibra óptica y Profibus, los cuales tienen que ser verificados previo a la puesta en marcha.

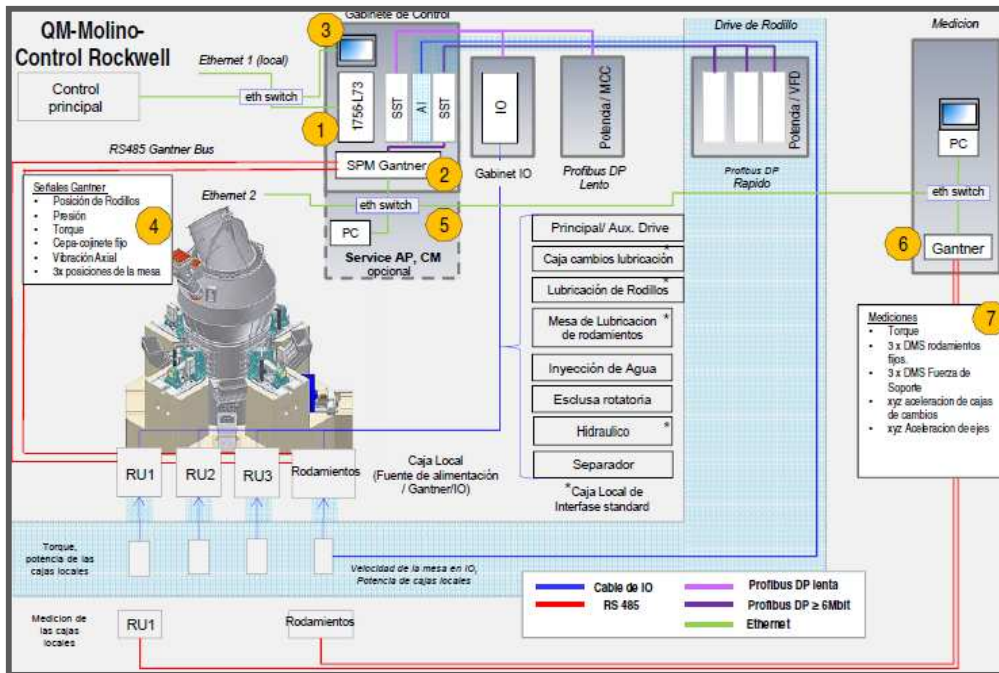


Figura 4.6. Esquema de la red del molino vertical de cemento de rodillos.

- 4.- Para asegurar todo, se verifica cada sensor, cada motor, cada tablero, cada instrumento y también en forma secuencial esto asegura que la puesta en marcha tendrá un éxito rotundo debido a que todo el cableado de control esté en orden.

Todo se verifica en POLCID, por ejemplo en la figura 4.6 se observa que todo lo que está en verde está disponible y que no hay ningún error de comunicación con POLCID.

Todo indica que la secuencia de alimentación de materia prima al molino puede comenzar desde control central, de esta manera se hacen las pruebas de puesta en marcha en frío y en caliente, además que esta es la forma con que va operar el usuario final, pero esto no sería posible si estuviera en color rojo, lo que indica que hay mala conexión o definitivamente no hay comunicación, si estuviera en color amarillo, esto indica una advertencia lo cual puede ser que algo puede estar a punto de fallar, y es mejor revisar.

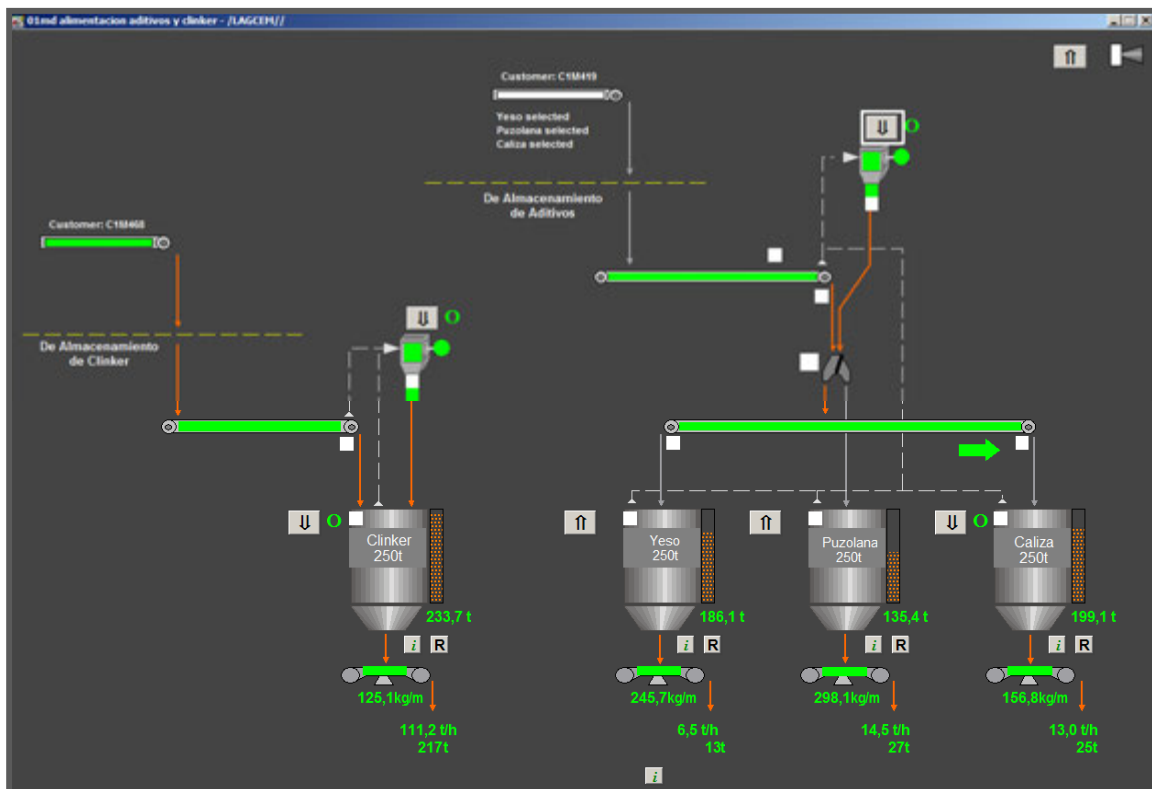


Figura 4.6. Pantalla de POLCID Alimentación de aditivos.

Fuente [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 10 de Febrero de 2013.

5.- El sistema también tiene parámetros de los instrumentos como toneladas, toneladas-hora, temperatura, presión, flujo que ayudan a los ingenieros de puesta en marcha como en la figura 4.6 y en la figura 4.6.1.

Por ejemplo en la figura 4.6.1 se puede observar que en la parte inferior de la pantalla de POLCID se ven los mensajes que son muy claros esto indica que tenemos dos problemas:

- 1.- Baja producción.
- 2.- Problemas en los sistemas de lubricación.

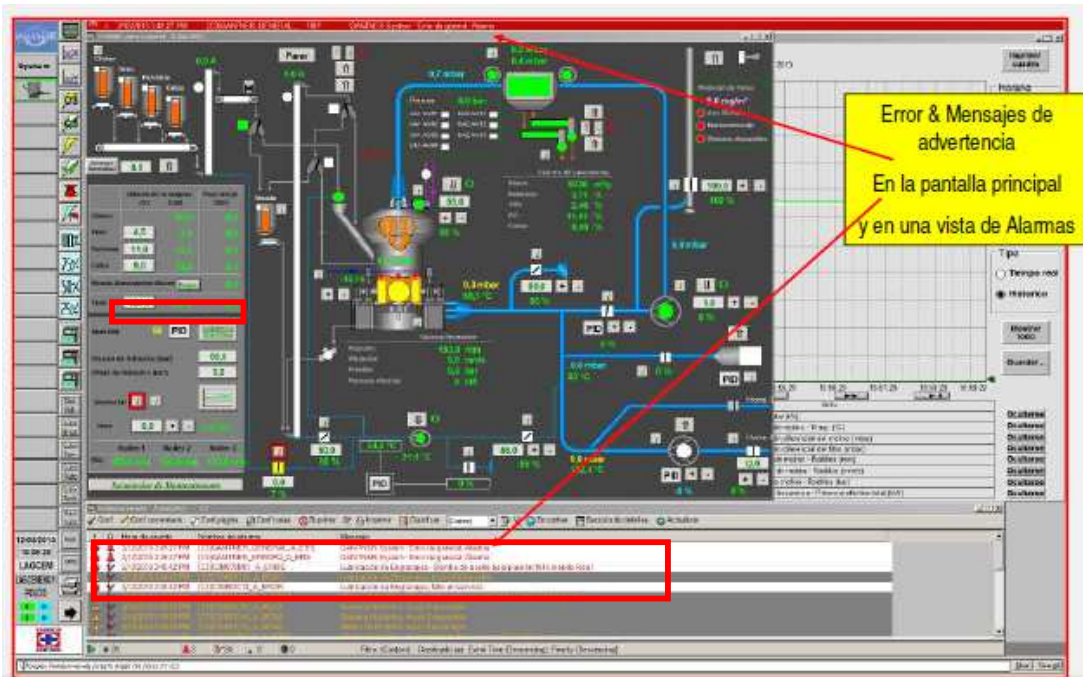


Figura 4.6.1 Pantalla para visualizar problemas de puesta en marcha en caliente.

Fuente : [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 10 de Febrero de 2013.

En la figura 4.6.1 la eficiencia del sistema POLCID envía el mensaje al operador para que informe de inmediato al equipo de puesta en marcha eléctrico y al departamento mecánico, con la finalidad de averiguar que sucede en el molino. Una vez resuelto en campo, el operador vuelve a arrancar toda la secuencia para comenzar con la producción de cemento de nuevo.

El sistema también tiene la opción de ver las gráficas de tendencias en las que se pueden apreciar transductores de presión, potencia, temperatura de las áreas que uno seleccione. Esto ayuda a los ingenieros de puesta en marcha a trabajar (ver figura 4.6.2).

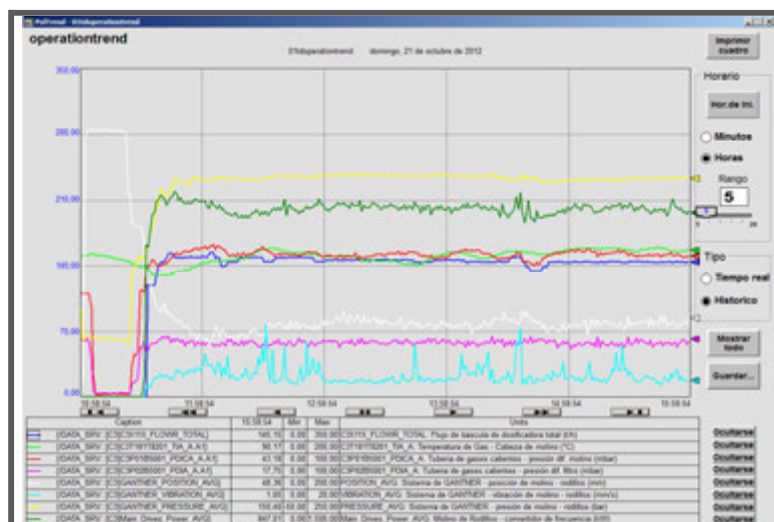


Figura 4.6.2 Tendencia en un arranque con POLCID.

Las gráficas de tendencias (Tenders de su expresión en inglés) nos ayudan a tomar decisiones importantes durante la puesta en marcha, ya que estos hacen mejoras en los procesos.

Durante el arranque o puesta en marcha se producen cambios tanto en los programas informáticos que controlan los PLC's y dispositivos programables, como cambios y modificaciones en la propia instalación. Lo anterior, con el fin de corregir errores que se han detectado durante el proceso.

Durante la puesta en marcha hay que elaborar planos e información final (también llamada "AS-Built") que recolecte todas las modificaciones producidas durante el proceso de puesta en marcha, o incluso anteriores. El problema en que se puede encontrar el operador de la instalación y el departamento de mantenimiento, es que lo que existe en la realidad no corresponde a lo que se refleja en la información técnica para realizar una intervención. Por ello es muy importante contar con los cambios que involucren los equipos eléctricos y de programación en POLCID.

4.7 Software adicional de POLCID para la obtención de KPI's (Key Process Indicators, indicadores clave de proceso)

Como ya se mencionó POLCID, es un sistema que nos ayuda a tener eficiencia en nuestros proyectos, pero además tiene un sistema adicional que nos envía datos más precisos como lo es el Sistema de Protección de Maquinaria (MPS o SPM), este nos envía datos estadísticos de fallas y mediciones por sensor.

El sistema MPS (Sistema de protección de maquinaria) ver la figura 4.7, es un grupo de sensores que instalan en los rodillos principales del molino mismos que serán los encargados de enviar datos muy interesantes para la puesta en marcha y para el cliente, esta es una herramienta que ayuda a optimizar los siguientes procesos:

1. El mantenimiento preventivo y correctivo.
2. Ayuda a la optimización del Molino.
3. Es una herramienta que ofrece estadísticas por falla de sensor.
4. Ayuda a que las fallas puedan ser corregidas vía internet a través de conexión de servidores, esto ayuda a evitar que los clientes gasten dinero en traer especialistas a la planta.

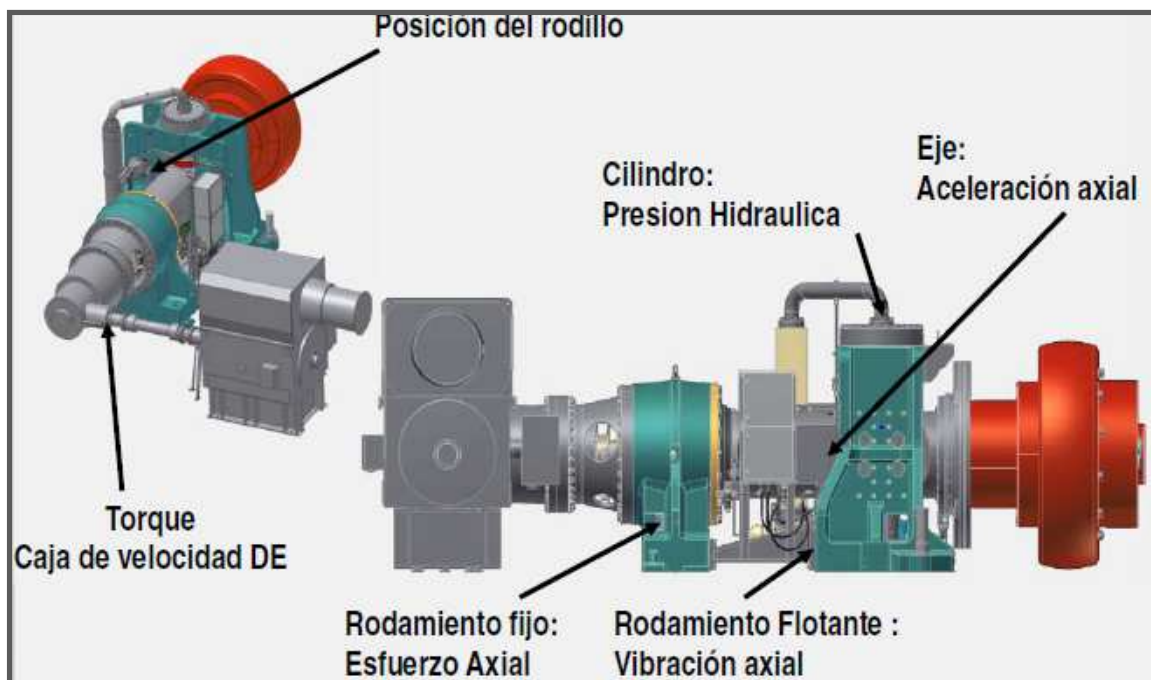


Figura 4.7 ubicación de sensores del sistema de protección de maquinaria.

El sistema de protección de maquinaria cuenta con PLC's que conjuntan las señales de estos sensores y las envían a POLCID con alta velocidad, ya que las señales que manejan son: vibración, torque, esfuerzo axial, vibración axial, posición del rodillo, presión hidráulica y aceleración axial.

Estos sensores envían sus señales a través de su PLC llamado Gantner y que éste a su vez envía los datos hacia POLCID, por ejemplo observemos que oprimiendo un botón podremos ver un diagnostico ampliado para MPS (por sus siglas en ingles Sistema de Protección de Maquinaria “SPM”) ver figura 4.7.1.

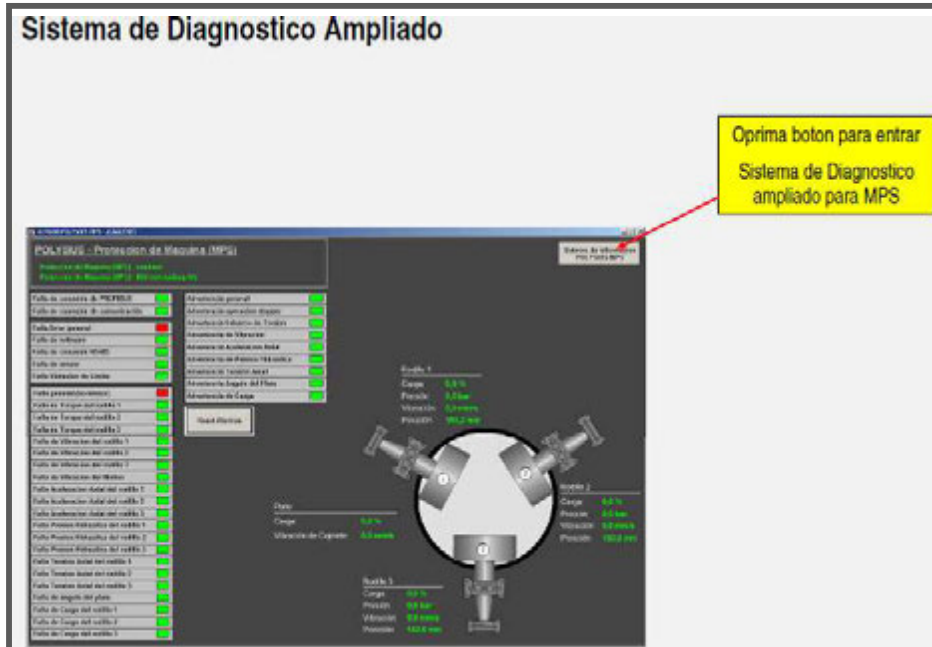


Figura 4.7.1 Sistema de diagnóstico en POLCID para el Sistema de protección de maquinaria.

Fuente: [Cooperativa La Cruz Azul](http://www.cooperativala cruz azul.com) ,consultada el 10 de Febrero de 2013.

El sistema de diagnóstico nos proporciona lo marcado en rojo, resulta impresionante la información para hacer optimizaciones (ver figura 4.7.2).

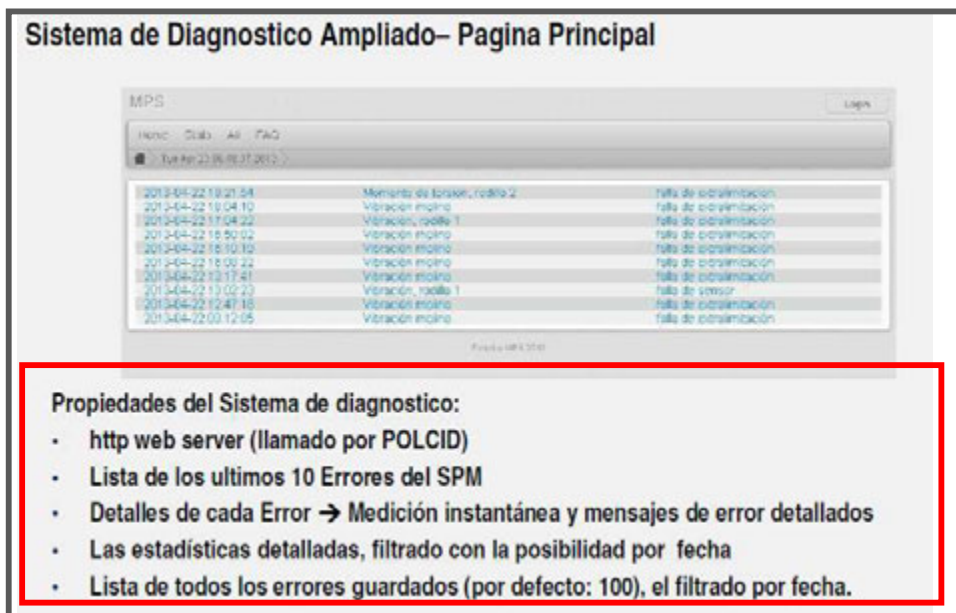


Figura 4.7.2 Ventajas del sistema de diagnóstico.

Ahora bien las propiedades del diagnóstico se visualizan de la siguiente manera:

Lista de los 10 errores del sistema de protección de maquinaria “MPS” (Ver figura 4.7.3).



Figura 4.7.3 Listado de los 10 últimos errores del SPM.

Fuente [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 10 de Febrero de 2013.

Se obtienen detalles del error por medio de la medición instantánea y mensajes de error detallado. Las gráficas son de gran ayuda para visualizar que es lo que sucede y tomar decisiones, por ejemplo si vibra un molino demasiado, ocasiona paros que pueden ser ocasionados por agua o falta de aditivos para ayuda de la molienda, esto significa que los sistemas de rocío de agua dentro del molino se tiene que optimizar (ver 4.7.4).

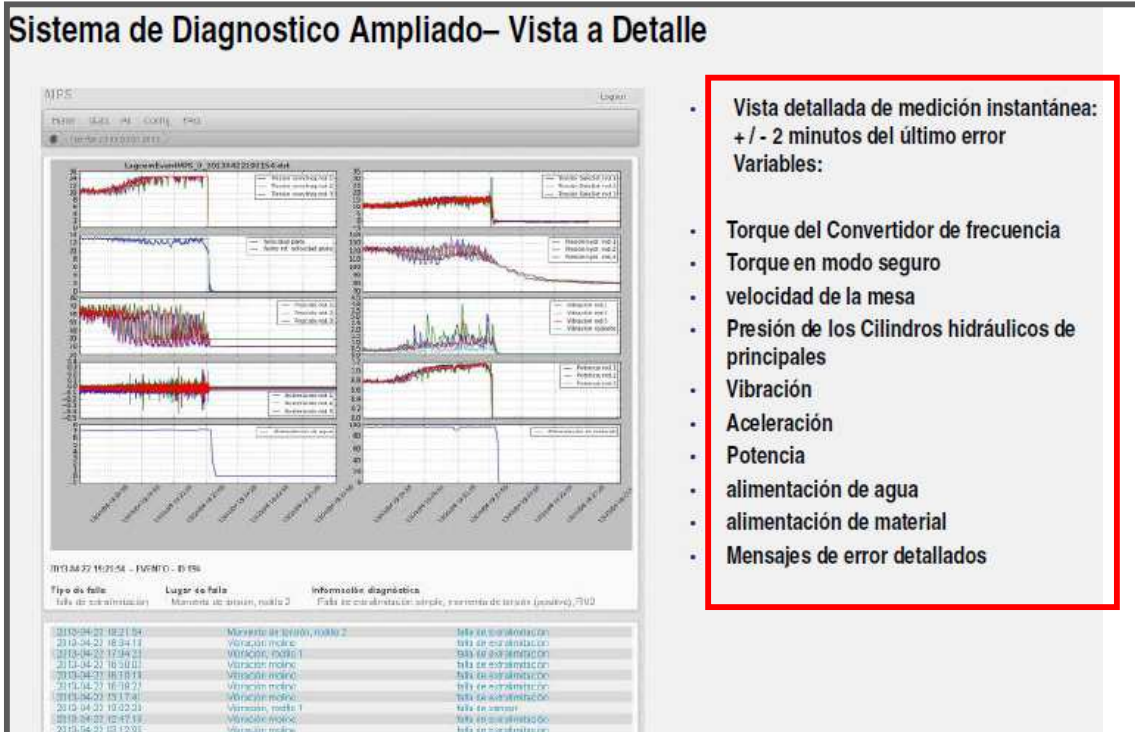


Figura 4.7.4 Sistema de diagnóstico a detalle.

Fuente: [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 10 de Febrero de 2013.

Veamos el sistema de diagnóstico ampliado por tipo de sensor y fecha, en la figura 4.7.5 en el cuadro en rojo, se puede visualizar que las fallas que más se han originado son por vibración, lo que indica con base a este estadístico, que las vibraciones en los rodillos pueden ser por varios factores:

1. Problemas en la mesa (alguna pieza se levantó y golpea con los rodillos).
2. Problemas con la calidad del Clinker, es decir la finura y granulometría del material para triturar y hacer cemento.
3. Falta de agua en la molienda.
4. Posible fisura en un rodillo.
5. Exceso de agua, hace que el material se haga concreto y se arranque el molino sin limpiar el concreto, lo que ocasionara que los rodillos hagan más esfuerzo o puedan sufrir un daño.

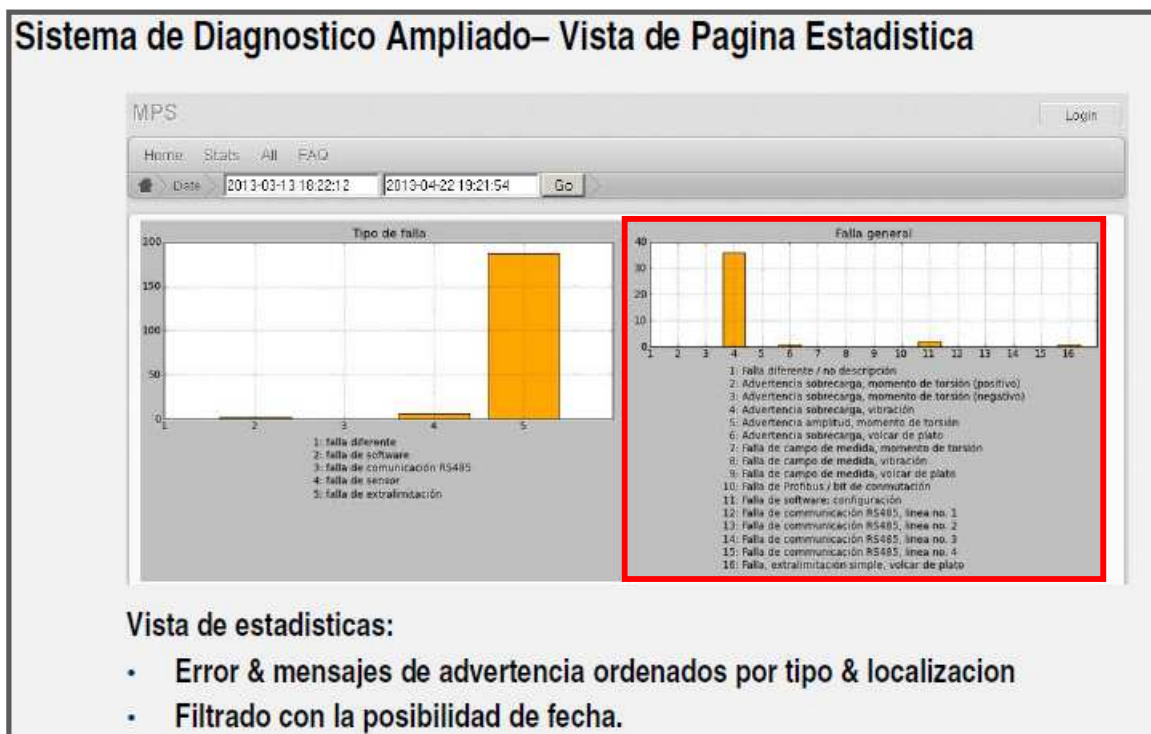


Figura 4.7.5 Mensajes desde una perspectiva estadística.

Fuente: [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 10 de Febrero de 2013.

Ahora bien, esta molienda de cemento consta de tres accionamientos, lo que es igual a tres rodillos, también los estadísticas se pueden manejar por rodillos para la visualización de advertencia o fallas por tipo de sensor en cada rodillo ver la figura 4.7.6.

Sistema de Diagnostico Ampliado– Estadísticas: Errors & Advertencias

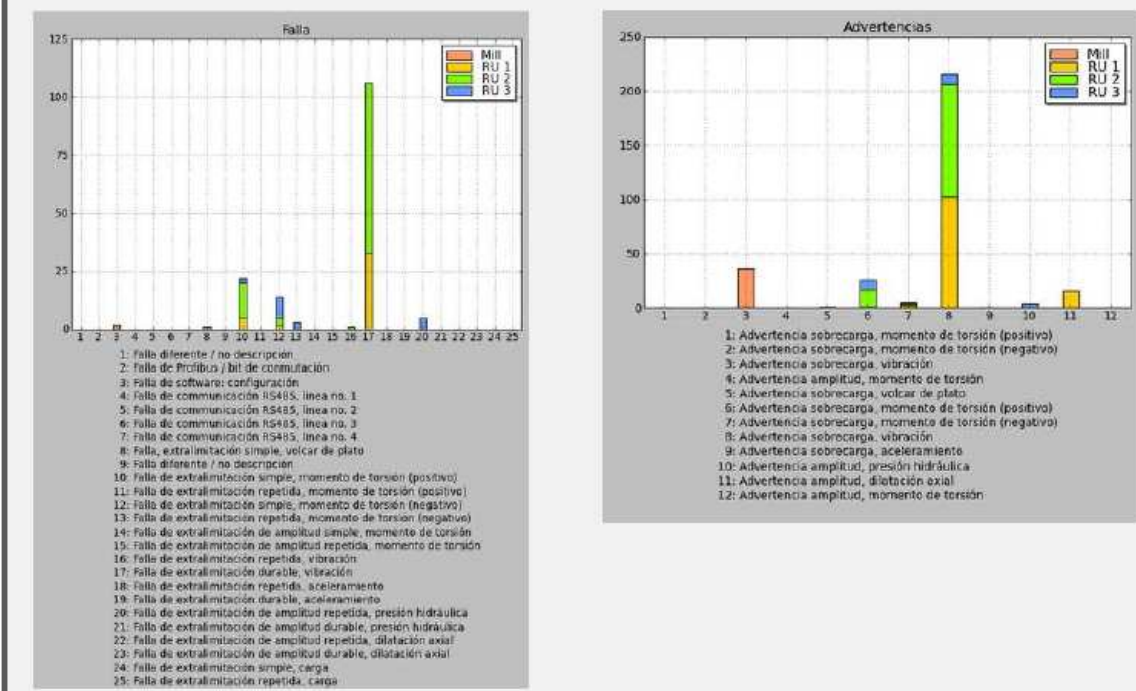


Figura 4.7.6 Sistema detallado estadísticamente por falla de sensor en rodillo.

Fuente: [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 10 de Febrero de 2013.

Veamos una pantalla por rango de medición por rodillo y por su índice de falla ver la figura 4.7.7:

Sistema de Diagnostico Ampliado– Estadísticas: Fallas de rango de medición

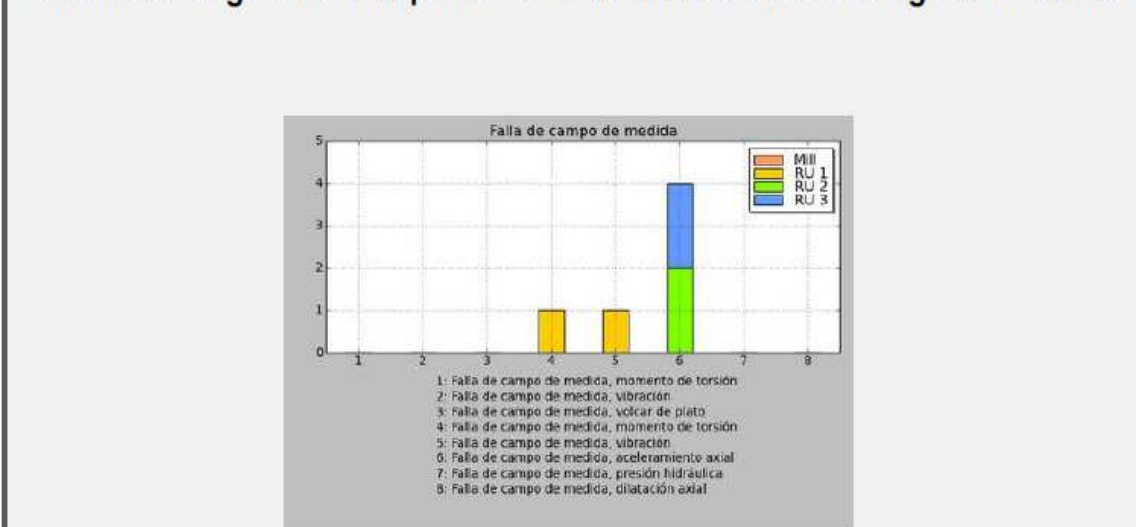


Figura 4.7.7 Sistema de diagnóstico ampliado por fallas de rango de medición.

Fuente: [Cooperativa La Cruz Azul](#), consultada el 10 de Febrero de 2013.

En la figura 4.7.8 se observa bastante información del comportamiento de todos los sensores de los tres rodillos, lo cual hace que las fallas se examinen totalmente al mismo tiempo. Esta pantalla en la parte inferior no envía el reporte de por qué el molino de cemento paró, es con esto que tenemos un problema de falla por vibración, lo cual el molino debe ser inspeccionado a detalle en los rodillos mecánicamente, pero también puede ser una falla eléctrica. Ésta puede ser ocasionada porque uno de los drives paró por algún motivo, ya que si hay vibración demanda más corriente y esto ocasiona que la protección del variador se haya abierto, en sí hay muchos diagnósticos que investigar y que sin estas herramientas sería muy difícil de optimizar el proceso para garantizarle al cliente la producción.

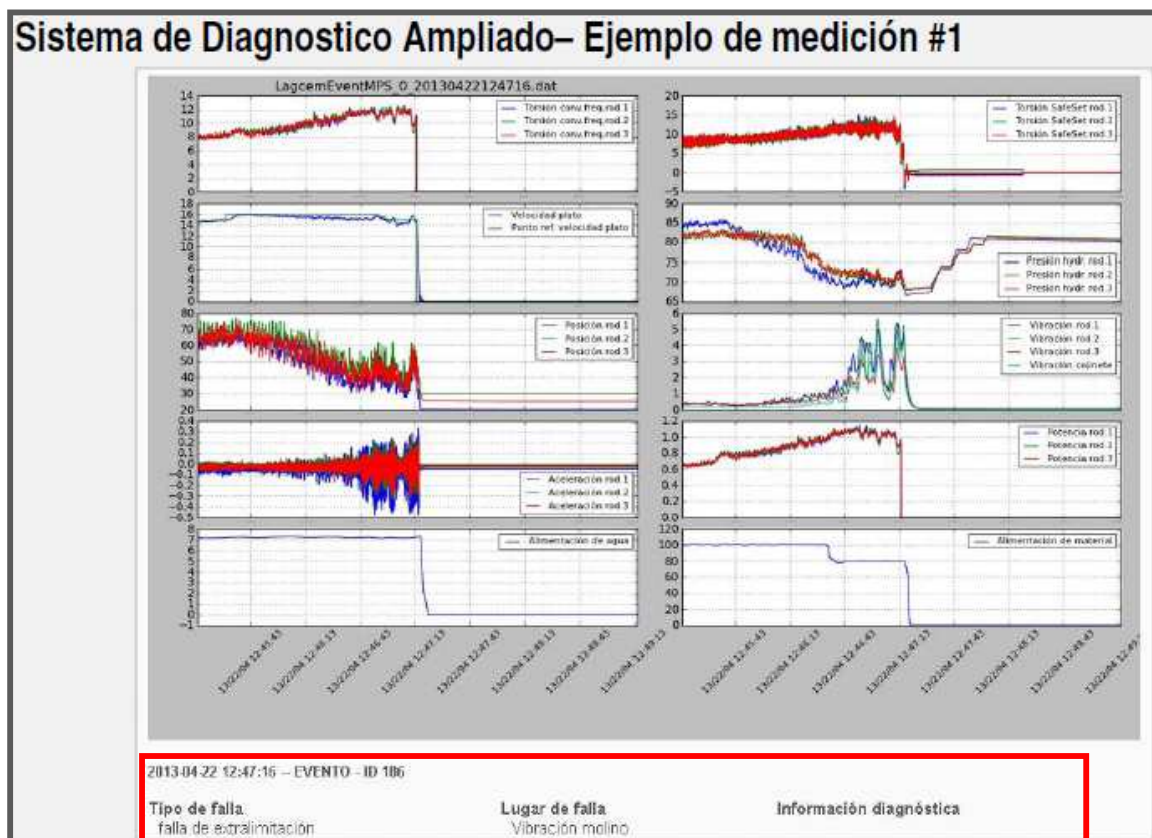


Figura 4.7.8. Sistema de Diagnostico ampliado, ejemplo de una medición.

Es por esto que el sistema POLCID junto con el SPM, son una herramienta de calidad que garantiza encontrar las fallas a la brevedad posible y evitar paros prolongados que ocasionan retrasos a los clientes.

Conclusiones

El trabajo de Montaje Industrial implica el desarrollo de varias etapas, tanto técnicas, como administrativas, lo que podemos definir como “Planificación Técnica Previa a la Obra”, lo que permitirá y respaldará las decisiones en relación al trabajo y la finalización a tiempo del proyecto aplicando las herramientas más versátiles como herramientas de calidad.

En definitiva, este trabajo permite conocer cada una de las etapas del montaje industrial, su importancia, requisitos técnicos, administrativos, etc. pasando desde las etapas más básicas de una obra, la puesta en marcha y la entrega definitiva al cliente.

La puesta en marcha es siempre la etapa más importante del proyecto y requiere de mucho control y de trabajo en equipo, ya que las garantías de todo el proyecto están en juego. Es por esta razón que los especialistas utilizan la tecnología en automatización para dar resultados al cliente y mejorar los proyectos subsecuentes a través de las lecciones aprendidas.

POLCID y el SPM son herramientas básicas de la automatización enfocada a la calidad del producto, los proyectos automatizados tienen ventajas de poder tener datos importantes para decisiones que beneficiarán siempre a las fábricas de cemento, a base de estadísticos y gráficas, así los ingenieros podrán desarrollar mejoras en sus procesos y evitar mantenimientos correctivos sabiendo interpretar las herramientas.

CAPITULO 5

Métodos de mejora de la calidad en el proyecto eléctrico.

Capítulo 5. Métodos de mejora de la calidad en el proyecto eléctrico

Introducción

La importancia del software trae beneficios en la calidad. Los ingenieros que cuentan con este tipo de herramientas, realizan por lo general proyectos con grandes beneficios para los clientes. Por ello, en este capítulo se explica lo que aporta cada uno de los softwares que se requieren para un proyecto llave en mano para un molino de cemento vertical como se podrá ver en se observara en la figura del apartado de 5.1.

Hoy en día, la automatización juega un papel muy importante con la ayuda del internet, los PLC's que se instalaron en este molino vertical, traen consigo acceso de un puerto para la conexión de internet, esto hace que la conexión pueda llevarse desde cualquier punto del mundo, lo cual evita que los especialistas tengan que estar en el sitio para cualquier programación adicional o cambios que se susciten por fallas en el molino de cemento vertical.

La calidad hoy en día juega un papel muy importante junto con la automatización, dado de que los fundamentos van de la mano con la teoría de Lean, como es reducir y eliminar el desperdicio, es por esta razón que forma parte de garantizar precisión en la producción.

Al finalizar los proyectos, se deben documentar en principio los diagramas de control, ya que son la parte fundamental de POLCID, es por esto que los dibujos llamados AS-Built, conforman el cierre de un proyecto que se hace con calidad. Esta información requiere un software como el EPLAN para poder realizarla con precisión y entregarla para el uso del personal de mantenimiento por parte del cliente.

Uno de los aspectos que conforman métodos de calidad con un enfoque al proyecto del diseño eléctrico de la instalación y de la documentación eléctrica y de control, se basa en una auditoría a través de las Unidades de verificación para instalaciones eléctricas (UVIES de la Secretaría de Energía), las cuales garantizaran que el diseño de la instalación, los cálculos y los materiales cumplan los requerimientos de la normatividad mexicana NOM-001(Norma Oficial Mexicana 001 de instalaciones eléctricas). Lo anterior implica que cualquier proyecto realizado en México garantiza a los clientes que la ingeniería básica y de detalle cumple con la normatividad bajo la mejora continua.

Los costos de la automatización requieren de inversiones altas al principio pero al final de cada proyecto, trae beneficios a corto y largo plazo, además se generará mayor productividad y eficiencia para el desarrollo de cualquier proyecto.

5.1 Softwares de ingeniería del diseño para mejora de la calidad

Los Softwares de ingeniería son una base para mejorar la calidad lo que permite que los ingenieros logren realizar el desarrollo de la Ingeniería eléctrica y automatización con productividad, efectividad, seguridad y satisfacción, en determinados escenarios de uso.

El objetivo de un software, es que posea la calidad necesaria y suficiente para que satisfaga las necesidades del ingeniero y del cliente, con la finalidad que se vea reflejado en la eficiencia del proyecto, que en este caso es el desarrollo de la Ingeniería eléctrica de un molino vertical de rodillos.

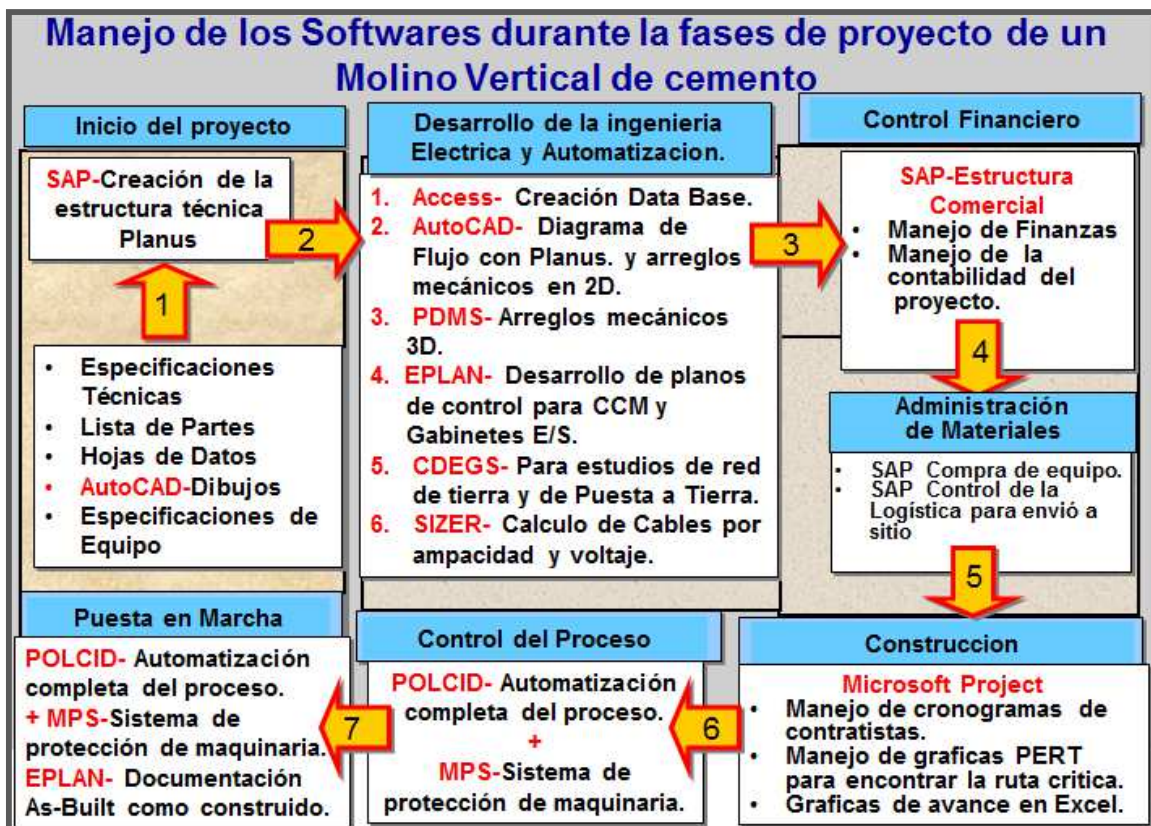


Figura 5.1 Softwares en las fases del proyecto de un Molino Vertical de cemento.

En la figura 5.1 se observa que en cada una de las fases del proyecto se tiene un software que nos ayuda a tener un control de la ingeniería y el desarrollo del proyecto hasta culminar con la puesta en marcha. Cabe mencionar que los proyectos llave en mano requieren de este tipo de herramientas para tener un control mejor y una mayor calidad en el manejo de proyecto.

Para evaluar la calidad de los softwares, se toman en cuenta los siguientes factores de calidad (Gonzalez Rodriguez, Julia, pág. 2 y 3):

- Calidad de Recurso
- Calidad de Proceso
- Calidad de Producto
- Calidad en Uso.

A continuación, se hace una descripción de cada uno de estos factores de calidad (Gonzalez Rodriguez, Julia, pág. 2 y 3):

Calidad de Recurso, se puede especificar un software para mejorar la calidad de los recursos tecnológicos, etc., y en qué pueden influenciar en la calidad de los procesos.

Calidad de Proceso, se puede especificar un modelo de calidad de mejora continua para medir distintos aspectos del mismo desarrollo de ingeniería.

Calidad de Producto, la propuesta de calidad de un software, se basa en la experiencia documentada y en la calidad interna y externa, expresada por el manejo de los recursos de forma interna y las opiniones, quejas y manejo de quejas de los clientes.

La calidad interna se mide a través de métricas internas dentro del grupo de ingeniería, es decir, miden aspectos de la vista interna del desarrollo de la ingeniería, sin considerar su comportamiento y entorno. La calidad externa, se mide a través de opiniones del cliente y no-conformidades por parte de la UVIE, en donde la etapa de la ingeniería se encuentra generalmente en estado de ejecución; aquí lo importante es el conjunto de características y atributos que influyen a la vista externa del producto en un entorno de ejecución generalmente simulado.

Calidad en Uso, se intenta medir las percepciones y reacciones de los usuarios, pertenecientes a perfiles determinados, interactuando con el producto en escenarios específicos de uso.



1.- SAP (SAP The Best-Run Businesses)

Calidad de recurso:

- Correspondencia entre Alemania-México.
- Optimiza la creación de la estructura Planus de un proyecto.
- Almacenar documentación en la estructura Planus.
- Control del presupuesto.
- Creación de órdenes de compra y pedidos.
- Reportes financieros.
- Manejo de la logística e impresión de etiquetado para envíos de equipo y material a la obra.

Calidad de Proceso:

- Elimina tiempo de capacitación a los usuarios por su simple manejo.
- Ayuda a tener una sola base de documentación en un solo sistema.
- Elimina tiempo de búsqueda, la búsqueda de información es por número de proyecto y por Planus.
- Eficiencia en obtener reportes para tener el control de presupuesto de un proyecto.
- Eficiencia en tener un control de los documentos de carteo de un proyecto.
- Eficiencia para el manejo de la logística.

Calidad de Producto

Mayor productividad en el proceso de creación de la estructura Planus, control de costes y materiales: la sencilla interfaz ayuda a los empleados a aprender a utilizar el sistema rápidamente, cubre las necesidades de automatización de la contabilidad, elaboración de informes, logística y el departamento de compras y de ingeniería.

Calidad en uso

- La empresa se ha visto beneficiada por este control, ya que todo el sistema financiero, manejo de la información y los materiales de toda la empresa es controlada por el SAP y esto ayuda mucho a las auditorías con el manejo de la información.
 - Este software y el mismo método de uso descrito en esta tesis se utiliza también para proyectos de Minería.
1. Departamentos que utilizan el programa:
Departamento Eléctrico, Departamento Mecánico, Departamento Civil,
Departamento de Contabilidad y Finanzas, Departamento de Compras y Logística
y Dirección General.
 2. Países: México – Alemania.
 3. Fase del Proyecto: Control de todo el proyecto en todas sus fases.

2.- EPLAN (EPLAN)

Calidad de recurso:

- Software EPLAN, para elaborar diagramas de control bajo la norma DIN,
- Gabinetes de E/S, Centro Control de Motores (CCM's) y otros gabinetes.

Calidad de Proceso:

- Eliminación de horas de trabajo en AutoCAD y de la herramienta para elaboración de diagramas eléctricos de control.
- Ahorro de costos en licencias de EPLAN y la utilización infinita para proyectos de todo tipo.
- Ahorro de horas-hombre para elaborar planes de bornes, índices y conexiones.
- El software se utiliza para elaborar diagramas de control para la fabricación de tableros en el desarrollo de proyecto y es útil para la Ingeniería AS BUILT al finalizar la puesta en marcha.
- Ayuda a crear diagramas de control como Poka-Yoques para evitar de corregir errores.

Calidad de Producto

Con monitoreos individuales configurables e integrales se puede determinar qué tan estrictamente EPLAN monitorea el nivel de calidad de la documentación. De este modo, las actividades posteriores en el proceso tienen toda la información que se requiere de la ingeniería en sí misma aunado a la creación continua de sus productos hasta la fabricación, instalación, puesta en marcha, servicio y mantenimiento.

Calidad en uso

Las reacciones de los usuarios han solicitado que en los proyectos futuros se incluya la capacitación de la elaboración de los planos de control y que se proporcionen licencias de cortesías para su uso del personal en planta.

Este software se aplica también para proyectos de Minería, aunque también se utiliza para todo tipo de proyectos como automotriz, farmacéutico etc.

1. Departamentos que utilizan el programa: Departamento eléctrico.
2. Países: México – Alemania.
3. Fase del Proyecto: Desarrollo de la ingeniería eléctrica y puesta en marcha.

3.- PDMS (AVEVA PDMS)

Calidad de recurso:

Se utiliza para la ejecución de arreglos mecánicos en 3D de toda una planta de cemento en tercera dimensión.

Calidad de Proceso:

1. Funciones basadas en reglas y potentes herramientas de comprobación para eliminar errores en el diseño.
2. Elimina las demoras en el lugar.
- 3.-Una base de datos asegura la coherencia entre el diseño 3D, dibujos 2D.
- 4.-Compartir y reutilizar datos de diseño reduce las horas-hombre y el tiempo previsto.
- 5.-La automatización basada en reglas permite un buen "diseño a la primera".

Calidad de Producto

Es un software de ingeniería y diseño en 3D de plantas industriales. Es multi-usuario (ingeniería y diseño concurrente), multidisciplinario y personalizable a través del lenguaje propietario PML. Típicamente es utilizado por empresas de ingeniería para el desarrollo de proyectos offshore, plantas de refinería y gas, centrales térmicas y plantas de energía, industria químicas, farmacéuticas, papeleras y plantas de cementeras y de proceso en general.

Calidad en uso

- Las reacciones de los usuarios han sido satisfactorias, por la simple razón que no hay muchos cambios durante los montajes, lo cual refleja calidad del diseño.
- Este software se aplica también para proyectos de Minería, aunque también se utiliza para todo tipo de proyectos como por ejemplo la petroquímica, entre otros.

1. Departamentos que utilizan el programa: Departamento Mecánico y el Departamento de Utilities.
2. Países: México – Alemania.
3. Fase del Proyecto: Desarrollo de la ingeniería mecánica.

4.- AUTOCAD AUTODESK (AUTODESK AUTOCAD MECHANICAL)

Calidad de recurso:

Se utiliza para dibujar y diseñar los arreglos mecánicos en 2D de toda una planta de cemento y piezas mecánicas de los equipos tales como molinos, hornos, precalentadores y enfriadores

Calidad de Proceso:

Se obtienen ventajas sobre la competencia ahorrando incontables horas de diseño y repetición de trabajo, de modo que pueda pasar más tiempo innovando, en cambio de hacerlo resolviendo problemas sobre el flujo de trabajo.

AutoCAD Mechanical proporciona diseño innovador y herramientas de dibujo hechas en su totalidad para que sean de fácil utilización por parte del usuario.

Calidad de Producto

El software de AutoCAD® Mechanical, una aplicación construida específicamente para realizar diseño y dibujo, ofrece significativas ganancias en comparación con el software AutoCAD®, simplificando el trabajo de diseño mecánico complejo. Con conjuntos de programas basados en estándares de la industria, de partes y herramientas para automatizar las tareas de diseño, AutoCAD Mechanical acelera el proceso de diseño mecánico.

Calidad en uso

- Las reacciones de los usuarios son satisfactorias porque no hay muchos cambios durante los montajes lo cual refleja calidad durante la realización de la ingeniería de detalle mecánico, eléctrica, civil y utilities.
- Este software se aplica también para proyectos de Minería, aunque también se utiliza para todo tipo de proyectos como por ejemplo la petroquímica entre otros.

- 1.- Departamentos que utilizan el programa: Departamento Mecánico, Departamento de Utilities, Departamento Civil y Departamento Eléctrico.
- 2.- Países: México – Alemania.
- 3.- Fase del Proyecto: Desarrollo de la ingeniería mecánica, civil, eléctrica y utilities.

5.- Access (Pardo Niebla, 2005)

Calidad de recurso:

- Base de datos entre Alemania- México.
- Base de datos de equipo mecánico, eléctrico y de instrumentación.

Calidad de Proceso:

1. Elimina viajes de ingenieros entre México y Alemania para aclaraciones de Información.
2. Con el cambio de horario entre Europa y América no se afecta el sistema por saturación por el uso de varias personas.
3. Elimina tiempo de búsqueda de partidas.
4. Ayuda a filtrar el tipo de señales, CCM's, equipo e instrumentos.
5. El acceso puede ser desde cualquier punto en el mundo.
6. Permite crear Listas de motores y Lista de señales.

Calidad de Producto

Microsoft Access es un programa de software de base de datos que hace que la manipulación de datos sea manejable para usuarios sin grandes niveles de habilidad.

Puede ingresar los datos y clasificar la información, filtrarla o agruparla de acuerdo a las necesidades. Es particularmente útil cuando hay miles de registros y la clasificación a través de ellos por separado tomaría horas. Access permite obtener la información más rápido, proporcionando unos cuantos comandos para indicarle al programa lo que uno busca. Los informes también se pueden crear para que brinden información de la base de datos de acuerdo a los parámetros del proyecto.

Calidad en uso

- Los ingenieros mexicanos y alemanes han visto que se han disminuido los viajes para aclaraciones y juntas en un 70%, dado que con el correo electrónico y los mensajes en la base de datos permiten que los usuarios trabajen de manera continua en llenar la base un proyecto.
 - Este software se aplica también para proyectos de Minería.
1. Departamentos que utilizan el programa: Departamento Eléctrico.
 2. Países: México – Alemania.
 3. Fase del Proyecto: Desarrollo de la ingeniería eléctrica.

6.- **Sizer Electric 3.7** (Sizer Electric)

Calidad de recurso:

- Creación de cédulas de cable basadas en las normas NOM-001.

Calidad de Proceso:

- Elimina por completo el uso de hojas de Excel para cálculo de conductores.
- Elimina tiempo de estar consultando la NOM-001.
- Evita errores por malos cálculos, lo que ocasiona que en obra se tenga que comprar más cable con un alto costo y alto impacto.
- Elimina horas-hombre en un 80% para diseñar una cédula de cables, cuando esto es en automático.

Calidad de Producto

Sizer es una aplicación para plataforma Windows que permite realizar la selección del calibre de conductores eléctricos, selección de charolas y tubo conduit, utilizando avanzadas técnicas de programación, para mejorar el rendimiento de sus procesos de ingeniería.

Calidad en uso

- La empresa se ha visto beneficiada por este control y la precisión de este software, la cual evita tener errores en cálculos de cable por las distancias y su caída de tensión, y esto nos lleva a la precisión de hacerlo sólo una vez, ya que tiene verifica que la norma se siga al pie de la letra.
- Este software y el mismo método de uso descrito en esta tesis se aplica también para proyectos de Minería y para todo tipo de industria.

1. Departamentos que utilizan el programa: Departamento Eléctrico.
2. Países: México - Alemania
3. Fase del Proyecto: Desarrollo de la ingeniería eléctrica.

7.- (SESTECH)

Calidad de recurso:

- Software completo para analizar problemas de red de tierra y puesta a tierra, campos electromagnéticos e interferencia electromagnética.

Calidad de Proceso:

- Ayuda a calcular el conductor adecuado para la red de tierras.
- Herramienta básica para modelar y simular posibles fallas del sistema de tierras.
- Análisis de la resistividad e interpretación de la estructura del suelo.
- Evitar tener errores en el cálculo de los conductores de tierra, siempre y cuando los reportes de suelos sean bien ejecutados por parte de la ingeniería civil.

Calidad de Producto

CDEGS calcula corrientes en conductores y campos electromagnéticos generados por una red arbitraria de conductores energizados ya sea sobre o bajo tierra para condiciones normal, de falla, relámpago y transitorio. CDEGS modela conductores simples y multi-componente, incluyendo cable sin funda, caños revestidos y sistemas de cables en tuberías enterrados en estructuras de suelo complejas.

Calidad en uso

- CDEGS es un software que se aplica para todo tipo de proyectos, con esto se garantiza que los cálculos de falla a tierra estén dentro de la norma y que no afecten a los equipos durante la puesta en marcha.
- Reducen sobrecostos por malos cálculos de conductores.
- Este software se aplica también para proyectos de Minería y proyectos en general.

1. Departamentos que utilizan el programa: Departamento Eléctrico.
2. Países: México – Alemania
3. Fase del Proyecto: Estudios de la red de tierra y puesta a tierra.

8.- POLCID® NT y MPS (Thyssenkrupp)

Calidad de recurso:

- El sistema puede manejar una planta cementera de 3000 t/d y también un área en especial, tales como molinos verticales de crudo y de cemento, molinos de bola, precalentadores, enfriadores, trituradoras, parques lineales /circulares, silos y envasadoras .

Calidad de Proceso:

- En una estación de operador (SAP The Best-Run Businesses) controla el proceso de un planta completa.
- Permite hacer cambios en el programa.
- Permite al proveedor del sistema que dé mantenimiento vía internet.
- Permite al operador obtener reportes de producción.
- Ayuda a visualizar las fallas para tomar decisiones de mantenimiento.
- Permite controlar el proceso.
- Ofrece figuras de tendencias y estadísticas de sensores de fallas.

Calidad de Producto

POLCID es un sistema que está creado para controlar y operar los procesos de la industria cementera basados en la automatización mediante PLC's. Permite la visualización como si fuera un diagrama de flujo con valores de acuerdo a las variables que se encuentran en planta. A través de la herramienta de MPS (Sistema de protección de maquinaria), permite que POLCID sea más potente aún con mediciones para los molinos con figuras estadísticas de fallas para optimizar el proceso o también para elaborar programas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Calidad en uso

- La empresa se ha visto beneficiada por este software, ya que es de gran utilidad y beneficia a los clientes por sus múltiples herramientas, y que favorece a la etapa de arranques y control de proceso del cemento y verificación hasta más de 10,000 señales.
 - Este software se aplica también para proyectos de Minería y principalmente en la industria cementera.
1. Departamentos que utilizan el programa: Departamento eléctrico y automatización.
 2. Países: México – Alemania
 3. Fase del Proyecto: Pruebas preliminares a la puesta en marcha y puesta en marcha.

5.2 El internet como herramienta Lean en proyectos automatizados.

La automatización industrial ya no está limitada por las paredes de una planta de producción. Cada vez más, la automatización se está manejando a través de comunicación a distancia, ya sea desde la oficina o desde la comodidad de su propia casa. Los PLC's de hoy le dan la posibilidad de acceder a su sistema de control para manejar tareas tales como la vigilancia a través de un sitio web para determinar la condición de una máquina o consultar otras estadísticas. Con la última tecnología PLC, casi cualquier cosa se puede realizar siempre que haya una conexión a Internet (ver figura 5.2.).

Conexión al PLC desde una ubicación remota

La última generación de PLC tiene un puerto Ethernet integrado en el controlador de dos operaciones principales. El primero es el control de protocolos basados en E/S remotas por Ethernet por nombrar alguno.

Con estas características, y recurriendo a otros servicios de la Ethernet como un servidor Web y FTP, es posible la administración remota de un proceso de control.

El primer paso en la conexión remota es configurar el controlador para comunicación tanto de la red local, así como manejar mensajes de una red más amplia, tales como la Internet.

Esto se logra mediante la adición de una dirección de puerta de acceso a los ajustes de comunicación Ethernet en el controlador. De ese modo, permite que el controlador envíe y reciba mensajes IP.

Al conectar un controlador lógico programable para una red con acceso a Internet, el dispositivo estará expuesto a todas las mismas posibilidades de amenaza a la seguridad, como ocurre en una computadora o estación de ingeniería.

Las ventajas más interesantes son:

- Eliminación de viajes de los especialistas para resolver cuestiones técnicas.
- El monitoreo puede llevarse en cualquier parte del mundo sin estar en el lugar del problema.
- El monitoreo puede llevarse a cabo en las instalaciones del proveedor e incluso se pueden hacer optimizaciones del proceso y también recomendaciones.
- Se puede hacer la programación remota de nuevas señales en caso de ser necesarias o respaldar la información del proceso.
- Actualizaciones de los firmwares.

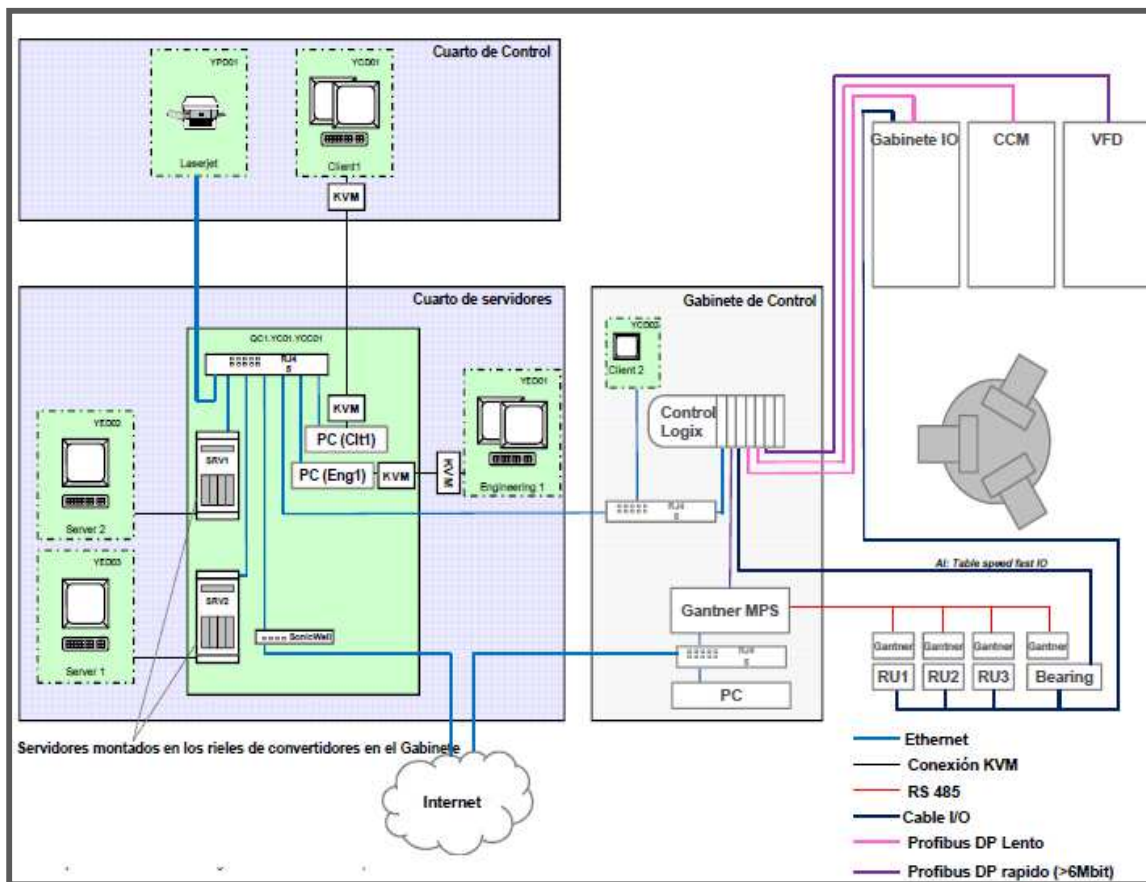


Figura 5.2 Red del molino de cemento que tiene un enlace con Internet.

Fuente [Polysius de México](#) consultado 10 de Octubre 2012

La recolección de datos a través de grandes distancias es uno de los mejores usos para esta tecnología. Los sistemas de control pueden ser más fácilmente integrados en una red de negocios para el acoplamiento de la gestión de la cadena de suministro para la planta de producción.

El internet mejora la calidad de los procesos del molino de cemento vertical por la versatilidad que se tiene por los avances tecnológicos, esto garantiza que los procesos sean observados por los fabricantes y que las recomendaciones puedan también ser recíprocas por la misma vía.

5.3 Experiencia en la automatización como elemento de calidad

La justificación de los proyectos de automatización deben ser el motor que impulsa y motiva a los directivos a invertir en tecnologías que serán usadas en sus procesos de producción para que las empresas sean competitivas a nivel local, nacional, regional y mundial. Una de las preguntas clave que realiza el empresario al proponérsele un proyecto de automatización es si ese proyecto logrará resolver el o los problemas para los cuales se diseñó o si incrementará las ganancias de la empresa (Velazquez C.).

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

La automatización Industrial es un conjunto de técnicas basadas en sistemas capaces de recibir información del proceso sobre el cual actúan, realizar acciones de análisis, organizarlas y controlarlas apropiadamente con el objetivo de optimizar los recursos de producción, como los materiales, humanos, económicos, financieros, etc. La automatización de una empresa, dependiendo del proyecto, puede ser parcial o total y se puede ajustar a procesos manuales o semi-automáticos.

La automatización de las plantas industriales es un aspecto muy importante en el crecimiento de las empresas ya que se ven en la necesidad de:

- Incrementar la demanda del producto.
- Ofrecer productos de mejor calidad.
- Optimizar el consumo de energía.

La principal razón de automatizar es el incremento de la productividad, ello se logra racionalizando las materias primas e insumos, reduciendo los costos operativos, reduciendo el consumo energético, incrementando la seguridad de los procesos, optimizando el recurso humano de la empresa y mejorando el diagnóstico, supervisión y control de calidad de la producción.

Se debe tener en cuenta que los tiempos de producción, como de control o toma de datos se reducen, ya que los instrumentos digitales eliminan las tareas repetitivas de anotación de datos y de procesamiento de los mismos, todo esto es programado y ejecutado automáticamente por los instrumentos. De este modo, el número de operadores necesarios para realizar estas tareas se reduce, pero hay otras nuevas a realizar para utilizar al máximo las posibilidades de los instrumentos de los sistemas modernos de control.

Debido a ello es necesario capacitar al personal para realizar estas tareas de mayor nivel, por tal razón, la automatización de una planta no debe originar reducción de personal como lo mencionan los principios de Lean sino reducir realmente los re-procesos que causan gastos excesivos y generan también mala calidad hacia los usuarios.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para justificar un proyecto de automatización se debe tener en cuenta las estrategias y objetivos de la empresa ya que de esto dependerá el éxito del proyecto.

Para ello los objetivos deben coincidir con las estrategias empresariales para cumplir con su misión. Es pues importante definir y documentar las estrategias de la empresa en

cuanto al negocio, al producto y a la manufactura, también será importante evaluar el resultado de tales estrategias.

Antes de definir los objetivos de un proyecto de automatización, es necesario establecer un modelo de la situación actual de la empresa. El análisis de Fortalezas Oportunidades Debilidades y Amenazas (FODA), es ideal para determinar la situación actual.

Teniendo en cuenta la situación actual de la empresa se deben establecer los problemas a resolver, como por ejemplo: accidentes laborales, salud laboral, utilización del personal en procesos de naturaleza peligrosa o dañina para la salud, pérdida de calidad en algunos productos, niveles de rechazo de productos por parte del cliente, re-procesos, reparaciones de piezas, materia prima de mala calidad, incumplimiento de las normas de calidad, introducción de una línea de producto, cuellos de botella, flexibilidad en la producción, tanto en demanda como en diversidad de productos, costos de almacenamiento de inventario, tiempos de entrega, demora en las órdenes de compra, demasiado papeleo en la empresa, demasiado desperdicio (*scrap*) o de desecho, contaminación ambiental en agua, tierra y aire, elevado consumo de energía, entre otros.

El paso siguiente es revisar detalladamente el proceso, utilizando para esto técnicas que permitan determinar si el problema puede ser resuelto con modificaciones pequeñas o si es necesario llevar a cabo un proceso de automatización, o ambos.

Para la revisión el proceso puede utilizar el método de la reingeniería de procesos, se hace la pregunta *«si se tuviera que volver a crear la empresa desde cero, tomando en cuenta lo que ya se sabe y la tecnología disponible, ¿cómo sería la nueva empresa?»*.

Conocido el problema y el estado actual de la empresa se procede a definir los objetivos que se piensan obtener con la automatización.

El establecimiento de los objetivos debe ser claro para que el proyecto tenga éxito y esto se determinará por el grado de cumplimiento de los mismos. Los objetivos también deben ser realistas y cuantificables, esto permitirá posteriormente realizar auditorías de los logros obtenidos y la verificación de los objetivos propuestos.

Para que los objetivos resulten eficaces, es importante que todos los participantes del proyecto estén oficialmente de acuerdo con ellos.

Los objetivos deben ser documentados y conocidos por la organización y deberán definir la calidad absoluta de lo que se quiere lograr, el estado actual de esa calidad, el tiempo en el cual se desea lograr, los recursos con los que se cuentan y como se alcanzará.

Algunos ejemplos de los objetivos de un proyecto de automatización serán: disminuir la visita de especialistas a México, ya que todo se puede reprogramar desde cualquier punto del mundo, mediante la implantación de un sistema automático que tenga internet.

Es por esta razón que los proyectos de automatización están pensados y dirigidos hacia la calidad, por lo mucho que los clientes disminuirán diversos factores que impiden generar productividad.

5.4 Mejora de la calidad en la documentación AS BUILT de un sistema automatizado con PLC e instrumentación.

Se entiende como Diseño As-Built la etapa final del proceso de diseño del proyecto dirigida a lograr que toda la documentación empleada en el mismo refleje la realidad de la obra construida, con suficiente precisión y detalle para que pueda ser armonizada con el resto de documentos con la coherencia debida, incorporando las lecciones aprendidas.

Algunas de las operaciones más importantes de mantenimiento se basan en la documentación de un proyecto de construcción, son los dibujos de la construcción inicial. Por lo general, dibujos de cómo fue construido (As-Built) son dibujos originales del diseño revisado para reflejar cualquier otro cambio realizado en el campo, es decir, los tipos de cambio de diseño concedidos por orden, las deslocalizaciones de componentes necesarios para la coordinación, el desvío de los sistemas de distribución , etc.

Los dibujos de cómo fue construido (As-Built) son significativos por al menos dos razones principales:

- En primer lugar, son planos que tienen como objetivo garantizar que la información esta apta y que no debe de haber más cambios, con esta información. Con ella, por ejemplo, se puede saber si hay reservas de señales o de disponibilidad en los tableros en caso de que en un futuro se requiera su uso.
- En segundo lugar, los planos de construcción pueden ser una herramienta valiosa para el personal de operación y mantenimiento.

Con la información de dibujos de cómo fue construido (As-Built), los cambios típicos en la información eléctrica son para la parte más fina de un proyecto, tales como un CCM's o un Gabinete de E/S, ya que estas son las partes esenciales que envían los datos al sistema POLCID.

Es por esta razón que los dibujos de cómo fue construido (As-Built) deben ser claros y sin fallas, porque después de que los ingenieros de puesta en marcha salen de una obra, el cliente final, en caso de fallas consulta la información de dibujos de cómo fue construido (As-Built) para solucionar el problema y que el equipo vuelva a hacer su función.

El software EPLAN ha sido la base de éxito por su fácil manejo y los cambios pueden realizarse en menos de 5 minutos si una persona tiene la experiencia en el manejo del programa en lugar de utilizar AutoCAD. La forma en que se ha llevado a cabo de manera exitosa el documentar los cambios es la siguiente:

- 1.- El jefe de montaje debe revisar que todas las señales del diagrama de flujo estén de acuerdo a los dibujos de control iniciales del proyecto.
- 2.- En caso de encontrar un faltante, documentar la señal faltante y solicitar a ingeniería que actualice de inmediatamente la información y reenviarla al jefe de montaje y jefe de programación para llevar a cabo los pasos de instalación y su ingreso a POLCID.
- 3.- Una vez realizado el cambio, los ingenieros de puesta en Marcha prueban la señal en campo, para que se verifique que en POLCID este correcta la conexión.

4.- Una vez terminado el cambio se procede a la realización del mímico en POLCID.

En 5.4 se puede observar una pantalla de un dibujo de cómo fue construido (As-Built), en la que se puede ver que los cuadros en naranja son las señales disponibles de dos tipos de tarjetas diferentes de un PLC, las cuales están disponibles.

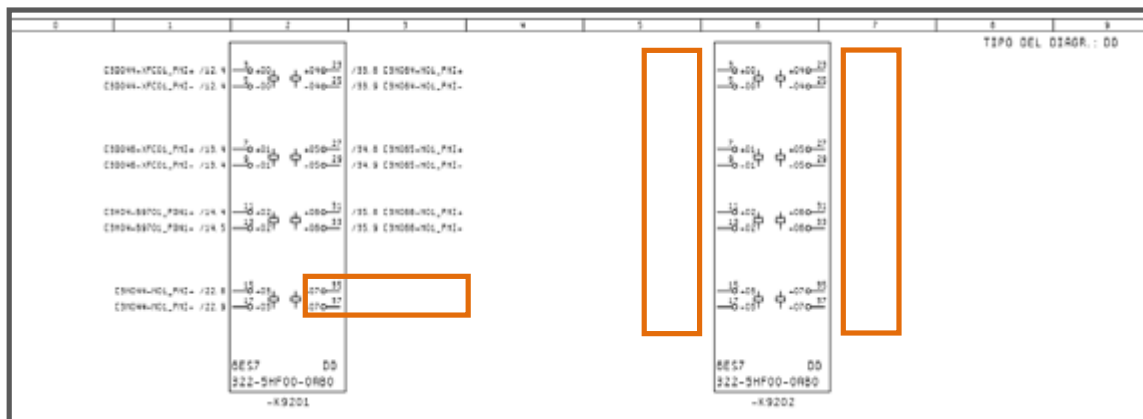


Figura 5.4 Representación de señales de un PLC

Esta información cuando se consulta, como es el caso de la figura 5.4, es una ayuda a futuro, pueden pasar dos eventos en una planta de cemento.

1. Se requieren señales del tipo DO.
(De sus siglas en inglés Digital Output; Salidas Digitales).
2. La disponibilidad de señales siempre será una oportunidad de utilizarlas en un futuro, en caso de alguna ampliación de la instalación podrá ser útil en cualquier momento o funcionara como un repuesto inmediato.

La calidad con que se lleve a cabo un información de dibujos de cómo fue construido (de su traducción en inglés As-Built) dará beneficios al personal de mantenimiento y al departamento de nuevos proyectos de cualquier empresa cementera.

Es por esta razón que los dibujos de cómo fue construido siempre son y serán parte de un proceso de mejora continua, ya que el reportar a ingeniería que hubo cambios en sitio, es parte de tener un record de que falló y que se puede corregir en el futuro como una lección aprendida.

5.5 Métodos de calidad enfocados a los procesos del diseño, instalación y documentación eléctrica.

El aseguramiento de la calidad, es el proceso por el cual se evalúan los estándares de calidad de los entregables a construir. Este proceso debe planificarse antes de ejecutar el trabajo del proyecto y debe realizarse en períodos predefinidos.

No se puede asegurar la calidad revisándola a posteriori, sino que debe estar incluido en el proceso de construcción. Por esta razón el jefe de montaje permanece durante el proceso de construcción, además de los jefes de las disciplinas encargadas del proyecto.

El aseguramiento de la calidad puede ser interno al proyecto y externo, es decir, realizado por personas en el equipo del proyecto llave en mano y por consultores externos, como es el caso de UVIE (Unidades de Verificación de Instalaciones Eléctricas). Las unidades de verificación son ingenieros autorizados por la Secretaría de Energía (SENER) para verificar y revisar que los proyectos de ingeniería cumplan y estén diseñados bajos las normas mexicanas como por ejemplo la NOM-001 norma de instalaciones eléctricas, esto garantiza que cualquier proyecto antes de ser aprobado por un cliente, tiene que estar aprobado por la unidad de verificación, con la finalidad de garantizar que la calidad de los trabajos sí cumple con la normatividad y que cualquier calculo eléctrico esté aprobado por la UVIE.

La forma más frecuente de realizar el aseguramiento de calidad en un proyecto eléctrico es por medio de auditorías de calidad de las UVIES: estas revisiones periódicas analizan el proceso mismo de construcción de entregables basándose en los estándares de la industria y de la tecnología y mejores prácticas aplicadas. Por ejemplo: en un proyecto de desarrollo con el uso de softwares debe revisarse el código fuente periódicamente, para comprobar su nivel de calidad y confiabilidad, y si se están siguiendo los estándares de programación o ejecución.

Es importante realizar estas auditorías para implementar acciones correctivas en el mismo proyecto. Ese es su principal objetivo: corregir el trabajo antes de que finalice, mejorar el trabajo cuando todavía hay tiempo de corregirlo.

La UVIE en sus auditorías de revisión de la documentación puede tardar días o incluso semanas para verificar que todo esté en orden, en caso de que haya discrepancias en la documentación esto será el objeto de levantar reportes de no conformidades, las no conformidades ayudan a que los ingenieros se apeguen a la normatividad mexicana y que dichos cambios se hagan previo a la firma de conformidad para inicio de la construcción, esto será parte un sistema de gestión de la calidad.

Respecto al uso de sistemas de gestión de la calidad.

- Debe ser un objetivo primordial el invertir en un costo de prevención de errores como es el caso de la contratación de la UVIE para cualquier proyecto ya que de acuerdo a los sistemas de calidad, esto hará que los costos de evaluación de la calidad y la no calidad disminuyan y así evitar que costos externos se conviertan en una pesadilla incontrolable.

- Los costos de la no calidad primero deben ser identificados a través de no conformidades por parte de la UVIE y luego convertirlos en una oportunidad de mejora, es decir; reducir hasta eliminar las causas que lo producen.
- Toda mejora de la calidad debe ser analizada desde un punto de vista operativo financiero, es decir, que luego de encontrarse las causas que originaban los costos de la no calidad, se haga una inversión de tal manera que el saldo sea positivo.
- Podemos concluir que la documentación es un requisito ineludible para poder concretar un Sistema de Calidad. Si bien en un principio su elaboración puede resultar algo tedioso y obstaculizante, al poco tiempo, entrega sus primeros frutos: un orden administrativo y operacional comprobado volviéndose imprescindible para avanzar y competir.
- La aplicación de este tipo de mecanismos ha permitido verificar que el costo de diseñar y construir con calidad, es muchísimo menor que el de no hacerlo, para todos los involucrados.
- En este tipo de sistemas es evidente que se requiere el monitoreo de resultados constante para garantizar el éxito del uso del sistema. El control debe ser constante y auditable en todo momento.

5.6 Inversión y ventajas de automatización de los proyectos

La industria dedicada al cemento ha estado trabajando en el estudio y posterior implementación de soluciones de innovación tecnológica, pero en muchos casos estas soluciones eran costosas, difíciles de implementar y muy complejas en el manejo operativo. Hoy en día, la tecnología se ha acercado mucho a las necesidades y realidades de cada fábrica de cemento, brindando, a cada una de ellas, soluciones específicas según la estructura, capacidad y posibilidades de crecimiento a futuro (F.Campana, Pablo E., pág. 4 y 5).

Hoy, la automatización en el ámbito eléctrico, específicamente en el área de la industria del cemento, es una solución real tangible y probable para cualquier estructura de una empresa. La eficiencia y capacidad de respuesta del funcionamiento de su red eléctrica a través de un sistema automatizado con redes, reduce el riesgo operativo del negocio, cuando es aplicada en forma sistemática y controlada dentro de la red de cada sistema.

Desde el punto de vista de los costos operativos de desarrollo de ingeniería y de operación, a medida que las organizaciones piensan en ser más “esbeltas” (Lean), la automatización permanece a la vanguardia como un “activador” para lograr los objetivos de aligeramiento, principalmente en el recorte de los costos de acuerdo a Lean en la siguiente figura 5.6.1:

Descripción de Objetivos	Antes	Después
Aumento de la producción	90 t/h	185 a 200 t/h
Nivel de ahorro de energía	24 kWh/t	19 kWh/t
Calidad de cemento	Blain ⁴ 4450	Blaine 4580
Reducción de tiempos de mantenimiento	55%	90%
Reducción de falla de operación del molino	60%	95%

Figura 5.6.1 Objetivos de aligeramiento

En camino hacia el logro de la automatización, impulsado por las necesidades de optimización del negocio, dispondrá de la capacidad de realizar la automatización en el contexto de las prioridades del negocio, a través del aprovechamiento de las inversiones, tanto nuevas como existentes, en entornos colectivos para obtener eficiencia, mejorar la productividad y mantener las ventajas competitivas.

17.19 kWh/t lo que equivale a un consumo menor de comparado con los 24 kWh/t que requiere un molino de bolas por 95.82 t/h .

Escenarios posibles (F.Campana, Pablo E.).

La automatización como mejora de la eficacia y la rentabilidad, es aplicable a todos los actores involucrados de este mercado independientemente de su envergadura.

Por lo general, la implementación de un sistema de automatización se enfoca desde el punto de vista de un gasto y no desde el enfoque inversión versus beneficio. En estos casos se considera al sistema de automatización como otro elemento de la red para cumplir una función determinada, como si se tratase de un mal necesario.

⁴ Blaine es la medida de la finura de materiales en polvo, tal como el cemento, expresado usualmente como superficie por unidad de masa (m²/kg), y determinado con el aparato de blaine.

El objetivo es el de enumerar una serie de beneficios tangibles e intangibles; directos e indirectos que van a dejar en claro que la automatización produce un beneficio a mediano y largo plazo.

En realidad, el beneficio siempre tiende a ser medido en valores monetarios, puesto que de ese modo se pueden tomar decisiones más fácilmente y la justificación es más sencilla: obviamente, el objetivo es maximizar el beneficio monetario de la compañía.

Comenzando a enumerar los beneficios tangibles, directos y medibles, podemos decir que la inversión en automatización en el campo de la distribución, desde el momento de su implementación, produce beneficios en relación con Lean en la siguiente figura 5.6.2:

Descripción de los Objetivos	Antes	Después
Reducción en los tiempos de intervención.	15	5
Reducción en las horas hombre de supervisión en el proceso.	1000 h	600 h
Reducción de la energía en el alumbrado.	112 kWh	67 kWh
Reducción de montos en las multas en hora pico.	10%	30%

Figura 5.6.2 Beneficios tangibles, directos y medibles.

A lo antes enunciado debemos sumarle, aspectos no tangibles pero que en muchos de los casos son de real importancia, tales como en la figura 5.6.3:

Descripción de los Objetivos	Antes	Después
Mejora de la imagen empresarial.	40%	70%
Mejora económica de comunidad.	50%	85%
Mejora en la operatividad de la empresa.	50%	85%
Redistribución de tareas del personal orientándolas a mejoras de mantenimiento.	30%	100%
Un mejor análisis del comportamiento de la red eléctrica en baja y media tensión.	NO	SI

Figura 5.6.3 Beneficios tangibles, directos y medibles.

Todos estos aspectos deben ser tomados en cuenta al momento de evaluar un proyecto de automatización, ya que en todos los casos, muestran que la inversión realizada es de fácil recuperación y en un periodo de corto a mediano plazo, pero que perdurará en el tiempo como una inversión genuina y un salto a la modernidad de la empresa.

En el capítulo 2 sub índice 2.1, se mencionó que los molinos verticales son mucho más eficientes en su consumo de energía eléctrica, esto representa que las inversiones para construir un molino de cemento vertical automatizado, tiene por entrada un alto costo de inversión pero justificable por la recuperación de la inversión a corto y mediano plazo.

Los consumos de energía hoy en día tienen un alto costo para la industria en general, ya que la generación de energía depende mucho de los combustibles fósiles, lo que hace que los precios tengan un mayor costo, es por esta razón que es rentable invertir, producir con alto rendimiento y tener a corto plazo un costo-beneficio que dejará ganancias valiosas para los clientes con una mejora tanto en la imagen como en la rentabilidad del negocio.

La automatización y la calidad son ahora los puntos más importantes de los proyectos de las empresas, hoy en día toda empresa depende de la tecnología y las que no adoptan estos sistemas, prácticamente están fuera de los mercados, es por eso que automatizar significa calidad que conlleva a la reducción de errores causados por la naturaleza del

hombre, pero algo muy importante al automatizar no es la eliminación de personal, ya que esté el personal cada vez juega un papel importante en capacitarse para controlar los sistemas automatizados.

Conclusiones

En este último capítulo se describió la importancia de cada uno de los softwares para el desarrollo de la ingeniería eléctrica y las ventajas que aportan a un proyecto.

Se mencionó mediante el uso de softwares en la Ingeniería ayudan a minimizar el tiempo, errores y esto ayuda a reducir costos externos, la importancia de automatizar físicamente un proyecto viene de automatizar el proceso de la Ingeniería y fundamentalmente, el papel que juega la auditoría de los proyectos eléctricos a través de la UVIE (Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas), ya que estas unidades de verificación se encargan que los proyectos eléctricos cumplan con la normatividad mexicana que se basa en la NOM-001, la cual es la norma oficial mexicana que hace mención en sus artículos de los puntos que hay que cumplir en un proyecto eléctrico y del equipo.

Las UVIES son tan importantes en el desarrollo de un proyecto, ya que estas le darán seguridad al cliente que el proyecto en papel tanto como la instalación eléctrica se entregue un proyecto con una calidad efectiva en cálculos y que los materiales sean los adecuados en cumplimiento de la norma.

La documentación en un proyecto es muy importante y sobre todo en proyectos eléctricos que tenga no solo conexiones eléctricas sino conexiones de control, este control de la información se lleva a cabo durante la ejecución de la puesta en marcha y la finalización del proyecto y se llama documentación AS BUILT. Esto también se ha automatizado con softwares como el EPLAN, ya que es fundamental que los cambios que se llevaron a cabo como optimizaciones y mejoras sea plasmado con la finalidad de que el cliente tenga la actualización de cada cambio, esto traerá consigo los beneficios para los departamentos de mantenimientos eléctricos y de automatización del cliente.

El Internet es una herramienta de la automatización, ya que esto ayuda de manera efectiva a reducir costos de viajes de los programadores para hacer cambios en el sistema de control, esto se lleva a cabo con PLC's con puertos de Ethernet que tenga comunicación y que estos a través de un modem se puedan conectar al internet para que los cambios mínimos o cambios de hasta un proceso puedan ser programados desde cualquier punto del planeta, esto no solo minimiza costos sino que hasta los cambios pueden ser muy rápidos y también los firmwares de los equipos pueden ser actualizados, esto hace aún más eficaz la tecnología del molino de cemento vertical con rodillos.

Conclusiones Generales y Recomendaciones

De acuerdo al planteamiento del problema en que la empresa Thyssenkrupp tiene una sobre demanda y por la situación del cierre definitivo del departamento de diseño de Molinos debido a la falta de innovación, se requería mejorar y eficientar la forma del desarrollo de los proyectos, para cambiar la imagen de la empresa ante la competencia en el mercado de la industria cementera, esto requería que la automatización de todo un proyecto se basara bajo en un esquema de mejora continua.

Actualmente, los proyectos llave en mano sin la automatización puedan repercutir en una baja de productividad y eficiencia, y la metodología Lean, es el aumento de la productividad y de la eficiencia basadas en significados muy trascendentes como eliminar y reducir los procesos o actividades que retrasan los proyectos. Es por esta razón que la industria cementera se sugiere que todos los procesos de desarrollo sean automatizados con el fin de aumentar la competitividad ante un mercado de cemento muy concurrido en toda la República Mexicana.

Para la ejecución de este proyecto llave en mano de alta importancia para la empresa alemana, y por ser un prototipo se requería de innovación para el desarrollo de la Ingeniería se tenía que pensar y actuar sobre las lecciones aprendidas y comunicación con la dirección, con la finalidad de un aumento en la productividad, la cual se basa en la búsqueda y la implantación de softwares para de reducir los errores.

De acuerdo a las lecciones aprendidas en otros proyectos, siempre acontecen muchos cambios durante la etapa de ejecución, lo que significa, que contar con los controles adecuados ayuda a tener el control absoluto, es por esto, que la implantación del sistema SAP ha sido de gran utilidad, ha asegurado que ningún proyecto se saliera de control, ya que nos permite mantener una estructura sólida del control. SAP y su estructura son el pilar para diseñar un diagrama de flujo, y conlleva a tener una mejor administración de la ingeniería, compras, logística y análisis financiero del proyecto.

Un software de Ingeniería eléctrica como es el caso del SIZER, puede solucionar por ejemplo que la ejecución de una cédula de cables se elabore con base a la norma mexicana NOM-001, esto garantizará que cualquier cable que se calcule, estará dentro de los parámetros que la norma mencione, y que los cables estén dentro de las especificaciones como temperatura, altitud y otras donde se vaya a ejecutar el proyecto.

Los errores de ingeniería pueden tener repercusiones económicas que pueden ocasionar pérdidas en el presupuesto del proyecto, es por esto, que el automatizar el desarrollo de la ingeniería garantizará la calidad en la construcción de un molino y que la aportación se basará en entregar un producto con calidad.

El desarrollo de la ingeniería deberá ser auditable, ya que esto forma parte del sistema de mejora continua. Las auditorías en los proyectos previos a la ejecución controlados por una entidad de ingenieros de la Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE), con base a sus no-conformidades, implican oportunidades para generar calidad y confianza a los clientes, pues el proyecto está fundamentado bajo la normatividad mexicana y contractual.

Una vez aprobada la ingeniería básica y de detalle que conformarán la parte esencial de la instalación y puesta en marcha, la calidad con que se hayan hecho estas ingenierías garantizará un mejor proyecto, también durante la instalación se tendrá que tener controles como: la supervisión continua de los contratistas que cumplan y ejecuten la ingeniería de detalle al pie de la letra, para evitar errores que también puedan ser causantes de retrasos. El control de los contratistas se maneja por medio de un cronograma hecho en Microsoft Project, que proporciona herramientas de calidad que avisan de cualquier retraso o prioridades en las actividades que no sean tan importantes. El PERT es una herramienta Lean que garantiza la forma de calcular la ruta crítica para la toma de decisiones que tenga beneficio para el proyecto.

La automatización, de acuerdo a esta tesis no solo es hacer eficiente el desarrollo de la ingeniería para un molino de cemento vertical, sino de automatizar el proceso, por medio de otro software como POLCID, que tiene como finalidad controlar, visualizar y arrancar un molino de cemento vertical. Este software junto con la herramienta del sistema de protección de maquinaria (MPS), ofrece mucho mayor ventaja, ya que las partes de esenciales de los rodillos están bajo la vigilancia perfecta, el MPS ofrece estadísticas y tendencias por sensor, lo que genera que el cliente y que durante la puesta en marcha, se optimicen los procesos mecánicos y de mantenimiento.

Los molinos de bolas son tecnología aún no es obsoleta, pero muy pronto lo será. Esta tecnología es muy concurrida en la industria del cemento, los molinos verticales son más eficientes en cuanto a productividad y con menor consumo de energía, por esta razón una de las empresas mexicanas como la cooperativa Cruz Azul ha tenido gran trascendencia en el país y se puede decir que es la única empresa que tiene el molino de cemento vertical más moderno del mundo y la planta más moderna de todo Latinoamérica. Lo anterior se debe a que los directivos de esta empresa que tienen visión y saben invertir en tecnología con proyectos automatizados que generan una mejor rentabilidad y competitividad en el mercado mexicano del cemento, compitiendo al nivel de los grandes corporativos cementeros.

Las recomendaciones van enfocadas a que los procesos de cualquier empresa se pueden automatizar con herramientas tales como softwares, tomando en cuenta los conceptos de Lean, esto con la finalidad de tener exactitud, precisión y calidad en el producto enfocado siempre a los requerimientos del cliente.

Normalmente en los proyectos la mayoría de las veces no hay tiempo para ver más allá en el mercado tecnológico, lo cual no es fácil, pero se debe de pensar y organizar en buscar los tiempos de hacer la vida más fácil buscando las herramientas como, por ejemplo, softwares adecuados que ayudarán en todos los proyectos en sus diferentes etapas de ejecución, con la finalidad de optimizar y mejorar la calidad.

Es importante mencionarles a los fabricantes de cemento que siempre para obtener mejores resultados y rendimiento, se deben concienciar que algunos productos tales como los molinos verticales automatizados tienen mayor eficiencia en el ahorro de energía y de mayor producción, a través de la nueva tecnología de softwares y la mejora en la tecnología mecánica. Este tipo de tecnología requiere de mayor inversión en un principio si se compara con un molino horizontal de bolas, pero el rendimiento en un futuro será mucho mejor.

Este trabajo trasmite la idea que la automatización trae beneficios en la mejora de la productividad y calidad. La automatización requiere de capacitación del personal, lo cual es un aspecto de motivación del personal que desarrolla la ingeniería, esto generara más valor en las personas con nuevos conocimientos motivando un ambiente de calidad en el trabajo que se verá reflejado en la obtención de mejores productos para los clientes.

La calidad en un producto es el factor más importante para dar continuidad al trabajo para los proveedores y a su vez será la catapulta hacia a la innovación de nuevos productos bajo el esquema de la mejora continua. Para finalizar se anexa la figura las técnicas Lean que se aplicaron en este proyecto en sus fases de ejecución son las siguientes descritas en la figura A.

Fases de proyecto	Elementos para medición	Herramienta LEAN
Ingeniería Eléctrica (básica y de detalle).	Software	SMED-El software reduce los tiempos de diseño y evita errores.
Control del Proyecto	Reportes	Análisis de cuellos de botella, KPI's y PERT
Optimización del Molino	Polcid y Sistema de protección de maquinaria (MPS)	Indicadores Clave de proceso (KPI'S) y TPM- evitando fallas a través dispositivos de protección.
Instalación de Maquinaria	Molino de Cemento Vertical	Mantenimiento Productivo Total (TPM) - facilidad para mejorar la mantenibilidad y lecciones aprendidas.
Automatización	Hardware y Software	Mantenimiento Productivo Total (TPM) - Mejora de la mantenibilidad al detectar fallas en el proceso de manera automática y visual.
Ahorro de Energía	Reducción de consumo eléctrico kWh/t.	Reingeniería del diseño del molino para mejorar la eficiencia.
Productividad	Toneladas de cemento	Reingeniería del diseño del molino para mejorar la eficiencia.
Mantenimiento Preventivo	Tenders y estadísticos	Mantenimiento Productivo Total (TPM)- Mantenimiento predictivo
Programación	POLCID	Administración Visual- Visualización de Alarmas, graficas de desempeño y estadísticos.

Figura A. Descripción de las herramientas Lean en las fases de proyecto del Molino de Vertical de Cemento.

Bibliografía

- Alsop, P. A. (2007). *The Cement plant operations Handbook 5th edition*. UK: Tradership publication Ltd.
- AUTODESK AUTOCAD MECHANICAL. (n.d.). Retrieved Agosto 08, 2013, from <http://www.autodesk.com/products/autodesk-autocad-mechanical/overview>
- AVEVA PDMS. (s.f.). Recuperado el 01 de Septiembre de 2013, de <http://www.aveva.com>
- EPLAN. (s.f.). Recuperado el 01 de Septiembre de 2013, de <http://www.eplan.de/de/start>
- F.Campana, Pablo E. (s.f.). Recuperado el 1 de Octubre de 2013, de <http://www.clerargentina.org.ar/presAcademicas/PDF/Comerciales/XXII%20Cler%20Argentina%20Comercial%20-%20Autotrol.pdf>
- Felix Alfaro, O. C. (Febrero de 2008). http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/185/ALAFO_OMA_R_SISTEMAS_ASEGURAMIENTO_CALIDAD_CONSTRUCCION.pdf.
- Gonzalez Rodriguez, Julia. (s.f.). <http://www.dlsi.ua.es/webe01/articulos/s222.pdf>. Recuperado el 11 de 10 de 2013
- IECA Instituto español del cemento y de sus aplicaciones. (s.f.). Recuperado el 10 de Agosto de 2013, de <http://www.lemona.biz/EL%20CEMENTO-1/historia%20del%20CEMENTO.pdf>
- Lafarge. (s.f.). Recuperado el 21 de Septiembre de 2013, de www.lafarge.com.es
- Pardo Niebla, M. (2005). *ACCESS 2003*. Madrid: Ediciones Anaya Multimedia.
- SAP The Best-Run Businesses. (s.f.). Recuperado el 18 de Septiembre de 2013, de <http://www.sap.com/index.epx>
- SESTECH. (s.f.). Recuperado el 15 de Agosto de 2013, de <http://www.sestech.com/products/softpackages/cdegs.htm>
- Sizer Electric. (s.f.). Recuperado el 20 de Agosto de 2013, de <http://sizerelectric.com/>
- Thyssenkrupp. (n.d.). Retrieved Agosto 28, 2013, from http://www.thyssenkrupp-resource-technologies.com/fileadmin/documents/brochures/POLCID_1618_es_2008.pdf
- Velazquez C., J. (s.f.). Recuperado el 3 de Septiembre de 2013, de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/Vol7_n1/pdf/justificar.pdf