
Calidad y Fiabilidad en la Proyección de Plantas Industriales

Gilberto D. Hernández Pérez

Dr. Ing. Universidad Técnica "Otto von Guericke", Magdeburg, R.F.A.

Profesor Titular y Jefe del Dpto. de Ing. Industrial de la Universidad Central de Las Villas.

Ramón A. Pons Murguía

Ing. Industrial, Profesor Auxiliar y Jefe del Grupo de Aseguramiento de la Calidad del Dpto. de Ing. Industrial de la Universidad Central de Las Villas.

Roberto Cespón Castro

Ing. Industrial, Profesor Asistente del Dpto. de Ing. Industrial de la Universidad Central de Las Villas.

Carretera a Camajuani Km 5 1/2. Santa Clara/Villa Clara, República de Cuba.

Código Postal: 54830. Telf. 81272. Fax: 052-422-8-16-08.

Palabras Claves: Proyección de instalaciones fabriles, aseguramiento de la calidad y calidad en la proyección de plantas industriales.

Key words: Industrial plants design, quality assurance and reliability of industrial plants design.

RESUMEN

El proyecto de una planta industrial y de sus instalaciones constituye una previsión de la producción que en éstas se llevará a cabo; es también un producto al que se asocian requisitos de calidad y fiabilidad al igual que a los productos finales que saldrán de sus instalaciones. Sin embargo, no siempre este enfoque se corresponde con el control de la calidad de los proyectos en las metodologías y regulaciones vigentes. El presente trabajo representa una contribución metodológica al aseguramiento de la calidad de este complejo producto que es una planta industrial, con un enfoque moderno para que sirva de base al perfeccionamiento de este complejo proceso.

ABSTRACT

The following work is aimed to describe a modern approach for quality assurance of industrial plants design by means of a methodological contribution that can be taken as a basis for design improvement. Key questions whose answers are the basis for a proper quality assurance approach oriented to this complex process are described. Main quality specifications are pointed out. Finally, design process errors and their classified causes, quality improvement oriented countermeasures as well as reliability considerations and quality evaluation of design are also described.

Introducción

Al proceso industrial para la producción de bienes materiales le es inherente un alto grado de inestabilidad, dado por una progresiva precisión de la interrelación entre los procesos de elaboración, transformación, ensamblaje, transporte, almacenaje y control en todas las fases del proceso de reproducción empresarial (preparación, ejecución y venta de la producción).

El efecto útil de la mayoría de las instalaciones industriales crece con la calidad que particularmente se logra en las actividades de preparación de la producción, especialmente en aquellas vinculadas a la proyección de las nuevas capacidades y la "reconstrucción" (1) de las ya existentes.

La calidad de la producción debe propiciar el mayor efecto útil posible, no solo de la instalación fabril en particular sino también a nivel territorial y de la economía nacional. Esto último resulta de vital importancia en las concepciones de desarrollo de nuestras economías ante importancia en las concepciones de desarrollo de nuestras economías ante el reto de un mundo cada vez más competitivo.

Un adecuado enfoque del aseguramiento de la calidad de los proyectos de plantas industriales debe plantearse y dar respuesta a las interrogantes fundamentales siguientes:

- La calidad de qué elementos o sistemas parciales determinan en lo fundamental la calidad del proyecto en su conjunto, visto incluso en su interrelación con el entorno económico-social?
- Cómo y dónde pueden aparecer los errores durante el proceso de proyección y como pueden evitarse, eliminarse o reducirse éstos?
- Qué medidas de control deben acompañar al proceso de proyección y cómo deben ejecutarse racionalmente éstas?
- Qué medidas deben ser tomadas en el proyecto para garantizar una instalación industrial confiable?

A pesar de que regularmente en toda actividad de proyecto se garantiza un determinado nivel de respuesta a estas interrogantes a través de las metodologías y regulaciones vigentes y en utilización en nuestros países, no siempre los resultados obtenidos se corresponden con las expectativas, fundamentalmente desde el punto de vista cualitativo. Sin dudas, a estas deficiencias se asocian problemas de enfoque, integralidad, profundidad y racionalidad en la concepción y aplicación de estas metodologías y regulaciones a casos concretos.

El presente trabajo representa una contribución metodológica al aseguramiento de la calidad de este "complejo producto" que es una planta industrial, con un enfoque moderno para que sirva de base al perfeccionamiento de la actividad inversionista en nuestros países y con ello a la aplicación más efectiva del concepto de "Calidad Total" en esta importante esfera de trabajo.

Calidad de un Proyecto, Requerimientos, Características y Especificaciones de Calidad de los Proyectos

Definiciones tales como "Conformidad para el uso", "conformidad con las especificaciones", "satisfacción de expectativas del consumidor", "asociación con las pérdidas que un producto imprime a la sociedad después de su venta", "excelencia" y "lo que el consumidor desea adquirir", han sido utilizadas por diferentes autores o asociaciones y adoptadas como tal para diferentes propósitos por publicistas, ingenieros y otros profesionales vinculados al desarrollo de productos para definir el concepto de calidad de un producto o servicio y a partir de éstas los de requerimientos, características y especificaciones de calidad. Aún cuando cada definición de calidad puede presentar particularidades e interpretaciones que las adecuan en mayor o menor grado a uno u otro objetivo o fin (ver, por ejemplo 1), Crosby 3 plantea la no existencia de grandes diferencias de contenido en las mismas y si destaca la necesidad de determinar con precisión los requerimientos, características y especificaciones de calidad que las asocian a un producto o servicio en específico. Lo anteriormente expuesto es válido también para el caso del proyecto de una instalación industrial - considerada con un "producto complejo" como paso previo y necesario para la definición del concepto de calidad de un proyecto: "Criterio sobre la totalidad de propiedades de un proyecto y el grado de adecuación o concordancia con el objetivo, fin o función prevista para éste (Rockstroh, 10, así como del de

sus requerimientos y características de calidad, y de sus correspondientes especificaciones sin embargo, para poder alcanzar los altos niveles de calidad exigidos en la proyección de instalaciones fabriles en nuestros días tienen que ser satisfechas diferentes funciones parciales que se constituyen a su vez, en premisas de la actividad o proceso de proyección; entre las principales se encuentran:

- la consideración de la ley de economía del tiempo en la proyección, ejecución y puesta en marcha de las instalaciones objeto de inversión (cumplimiento de los cronogramas correspondientes);
- el alcance de una elevada productividad del trabajo y rendimiento de las instalaciones en los marcos de una determinada y necesaria flexibilidad tecnológica, capacitativa y estructural (ver 18);
- la obtención de una adecuada economía material y de una elevada eficiencia energética, así como de una flexibilidad y confiabilidad racional en la proyección de los sistemas de Manipulación - Almacenaje-Transporte (M.A.T)) y de generación y distribución de energía y portadores energéticos;
- el logro de un ambiente de trabajo confortable, higiénico y seguro para el hombre que labora en el proceso de producción, así como de una elevada calidad de la protección de las instalaciones y del medio ambiente.

El proyecto de una instalación industrial, como tal, es la previsión de una producción, es también, y por analogía, un producto complejo, al que se asocian niveles, requerimientos, características, especificaciones e índices de calidad y fiabilidad al igual que a los produc-

tos finales que saldrán de las futuras instalaciones que son objeto de proyección.

En analogía de lo planteado por Almeida Y Toledo 1, el nivel de calidad total de una variante de solución de proyecto "k" (Q_k), puede ser interpretada a través de la función.⁽¹⁾

$$Q_k = f(Q_i) = \sum_{i=1}^i k_i * Q_i$$

donde:

Q_i = índices relativos de calidad de una variante de solución de proyecto que resultan de la comparación de sus índices de calidad reales con los índices de calidad de una solución de proyecto progresiva tomada como referència;

K_i = índices de ponderación que expresan la influencia que ejerce cada índices de calidad en la calidad total de la solución de proyecto;

i = variable de conteo de los índices de calidad considerados como fundamentales en la solución de proyecto; $i = 1$ (1) n.

Mientras que los índices relativos de calidad (Q_i) constituyen la expresión cuantitativa de la característica de calidad "i" asociada con la calidad de la variante de solución de proyecto "k", los índices de ponderación (K_i) son proporciones estimadas por diferentes métodos (porejemplo, métodos de expertos) para cuantificar el grado de influencia de cada característica en la calidad total de la variante de solución de proyecto que se trate. De esta forma, tiene que cumplirse que:

$$\sum_{i=1}^i k_i = 1.0$$

Segun Juran [7], "cualquier rasgo distintivo (propiedad, atributo, etc.) de un producto, material o proceso que necesite para lograr la concordancia de éste con el uso a que se destina constituye a una característica de calidad". Las características de calidad de los proyectos se derivan, a su vez, de los requerimientos o exigencias que se imponen a éstos. Entre los principales requerimientos de calidad y de consideración más universal en los proyectos de plantas industriales, derivadas a su vez, de las premisas del proceso de proyección antes señaladas, se encuentran:

- elevado rendimiento productivo; o sea, una proporción adecuada entre los necesarios gastos de trabajo vivo y pretérito y los resultados del proceso de producción durante el período de su vida útil;
- máxima funcionabilidad; o sea, el aseguramiento de la continuidad temporal del proceso de trabajo proyectado para las máquinas, equipos e instalaciones de todo tipo considerado en el proyecto como función de la disponibilidad, fiabilidad, mantenibilidad y durabilidad individual de las mismas e integralmente del sistema en su conjunto;
- alta flexibilidad y capacidad de reacción; o sea, capacidad de adaptación y respuesta del sistema ante las influencias de carácter dinámico y estocástico provocados por variaciones o cambios con los programas de producción de forma racional, económica, agil y rápida;
- decuada fiabilidad del sistema en su conjunto, como función de la fiabilidad indi-

vidual de los elementos y sistemas parciales que lo componen durante su vida útil;

- elevado grado de utilización del volumen constructivo y del área disponible;
- consumo racional de materiales (principales y auxiliares), herramental, energía y portadores energéticos;
- conformación racional de los flujos materiales y de personal, así como energéticos e informacionales en el territorio de la fábrica, así como de los sistemas e instalaciones correspondientes;
- conformación racional del ambiente de trabajo en los puestos y áreas de trabajo, sectores productivos, talleres y su general de la fábrica, así como una elevada calidad en la estética, “confort”, seguridad y protección de las instalaciones y del medio ambiente;
- impacto económico favorable; comprobado a través de los correspondientes parámetros e índices técnico-económicos fijados para su evaluación.

Los requerimientos anteriormente enunciados en forma sintética y que permiten “caracterizar” la calidad de un proyecto de forma general, tienen que ser “convertidas” sucesivamente en características y en especificaciones de calidad para poder lograr una evaluación racional de una magnitud compleja como lo es la calidad del proyecto de una instalación industrial en las diferentes fases y etapas de su elaboración. Esta “conversión” de los requerimientos en características y especificaciones de calidad para el proyecto no es una tarea fácil y debe llevarse a cabo a través de una

precisión de estos requerimientos u objetivos a alcanzar en el proyecto y de los niveles de calidad asociados a éste que pueden ser objetivamente alcanzados, mediante la fijación de forma concreta en el planteamiento de la tarea de parámetros, índices, cualidades, etc., que deben ser satisfechos tanto en la documentación de un proyecto, como en las fases subsecuentes de construcción, montaje, puesta en marcha y funcionamiento de las instalaciones durante su vida útil. Esto debe ser responsabilidad directa del inversionista en estrecha coordinación con las restantes entidades que participan en la inversión e incluidas como obligaciones de las partes correspondientes en los respectivos contratos.

Errores en el Proceso de Proyección, Tipos y Causas que los Provocan Vías para Evitarlos, Eliminarlos y/o Reducir sus Efectos

La obtención de un nivel de calidad elevado en un proyecto, ya sea el correspondiente a la creación de nuevas capacidades productivas como de la reconstrucción de plantas industriales ya existentes e incluso, para la ejecución de una determinada medida o solución racionalizadora de cierta envergadura presupone:

- evitar los errores que pueden presentarse directamente en la solución de una determinada tarea de proyecto;
- eliminar los errores y/o reducir sus efectos que, no obstante, pueden presentarse

al no considerar entre otras causas, el proceso de producción en su dinámica a partir de su puesta en marcha.

Estos errores se presentan en el proceso de proyección debido fundamentalmente a tres causas:

1. Cuando la información inicial que se posee es insuficiente y de baja calidad, así como cuando no se conocen suficientemente las tendencias de desarrollo correspondientes.
2. Cuando no pueden ser indentificados y rectificadas a tiempo los errores de concepción, de cálculo, etc., debido a limitaciones de tiempo, calificación insuficiente de los proyectistas u otras causas.
3. Cuando no se aplican los métodos, técnicas y procedimientos adecuados en el proceso de proyección y su evaluación.

Investigaciones realizadas por Teisseyre 14 referidas a las limitaciones en la obtención

de un efecto util total de las instalaciones industriales proyectadas y por Hernández Pérez Y Floss 6 vinculadas al cumplimiento de las exigencias de seguridad, protección e higiene del trabajo y del medio ambiente en diferentes proyectos de plantas industriales demuestran con hechos, como se provoca un aumento de los recursos materiales y financieros destinados a las inversiones respecto a lo planificado para obtener resultados técnico-económicos inferiores a los previstos, al mismo tiempo que ponen en evidencia que las tareas de proyecto pueden solucionarse de una forma mas racional y eficiente si se aplican conscutentemente enfoques, procedimientos y técnicas modernas a esta compleja actividad.

Para poder evitar, eliminar y/o reducir los errores en un proyecto es necesario, en primer lugar, conocer los tipos de éstos para poder incidir de manera efectiva sobre las causas concretas que los originan Segun Rockstroh 10 los errores de un proyecto pueden clasificarse como se muestra en la Figura 1.

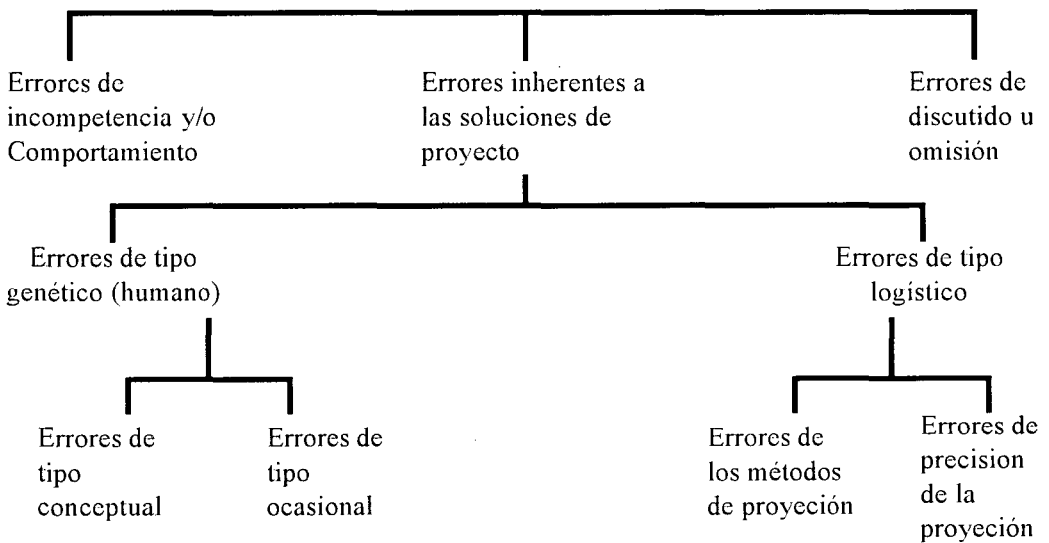


Figura 1. Classificación de los errores de un proyecto 10.

Los errores de incompetencia o de omisión voluntaria son el resultado de una acción consciente directa o indirectamente que pueden traer como consecuencia una disminución del rendimiento de las instalaciones, de la productividad del trabajo, etc. Ejemplos de este tipo de error lo constituyen la omisión de posibles variantes de solución, la sobrevaloración de posibles resultados a alcanzar en la instalación proyectada con el objetivo intencionado o no de "convencer" a personas, gremios, instituciones o entidades inversionistas o financieras sobre las ventajas del proyecto.

Los errores por descuido o inadvertencia son de índole formal y de carácter involuntario y se presentan, como regla general, debido a la utilización de métodos, expresiones de cálculo, equivocaciones de simbología, utilización de medios auxiliares no apropiados a un caso concreto y otros.

Este fenómeno de aparición frecuente y que provoca, por ejemplo, que errores cometidos en otros proyectos se repitan innecesariamente o simplemente, que no sean reconocidos como tales, subraya una vez más la necesidad del trabajo conjunto (interdisciplinario) en la concepción, elaboración y evaluación de las soluciones de proyecto, así como su perfeccionamiento a través de una adecuada logística de proyección.

Los errores inherentes a una solución de proyecto pueden ser de tipo humano (genético) y de aseguramiento o logística de la proyección.

Los primeros se asocian fundamentalmente a limitaciones o deficiencias en el grado de conocimiento del problema a solucionar, así como por insuficiente investigación y/o comprobación experimental fundamentalmente en

el caso de las nuevas inversiones. Estos, a su vez, pueden clasificarse en errores de tipo conceptual y ocasionales. Según Arltdt 2, los primeros se presentan fundamentalmente en la parte técnico-tenológica de los proyectos cuando éstos se elaboran a partir de supuestos erróneos o insuficientemente demostrados (fundamentalmente en las denominadas fases iniciales de las inversiones), así como en la proyección de instalaciones fabriles de elevada complejidad en periodos de tiempo limitados o muy exigentes. Los de tipo ocasional se presentan principalmente a causa de la dinámica que caracteriza a los índices técnico-tenológicos, organizativos y económicos de una solución de proyecto. En este sentido, el desconocimiento de las tendencias de desarrollo de estos índices constituye una fuente frecuente de este tipo de errores. También pueden introducirse estos errores durante la elaboración de los proyectos al considerar determinadas informaciones como determinísticas, obviando su dinámica y/o aleatoriedad real, dadas por el propio carácter dinámico y estocástico que le es inherente al proceso de producción 10. Con la creciente automatización del proceso de proyección es posible, de manera progresiva, incorporar esta tendencia moderna en la proyección de instalaciones fabriles y con ello posibilitar, entre otros aspectos, la fundamentación de reservas económicamente fundamentadas de las dimensiones básicas de las instalaciones que son objeto de proyección o simplemente, de un determinado tamaño o capacidad de las instalaciones y por ende obtener soluciones cualitativamente superiores.

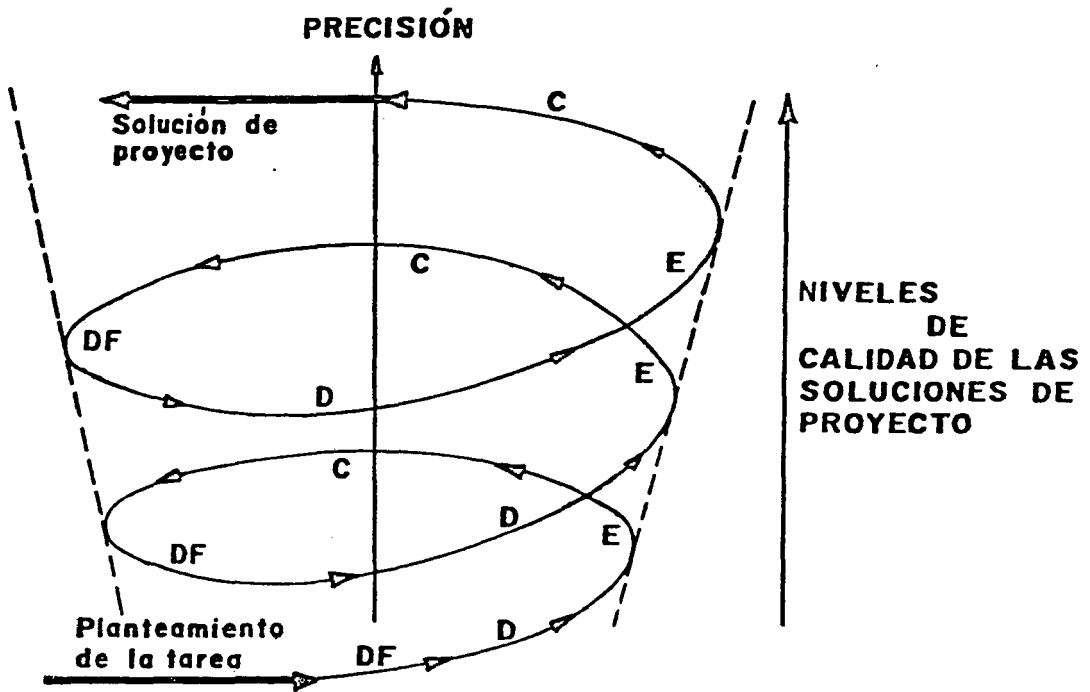
Los errores de tipo logístico en la proyección se presentan como regla general, por la violación de la lógica de las investigaciones y tareas asociadas al proceso de proyección y su aseguramiento. Debido a que la selección de un determinado método de proyección se

encuentra generalmente prefijado (ver Seidel 13, los errores de tipo logístico no deben presentarse con mucha frecuencia en el trabajo de proyectistas experimentados y de empresas o firmas especializadas en esta actividad. Aunque no siempre la utilización de técnicas modernas de computo contribuye a elevar la calidad de los resultados de un proyecto, su no utilización puede contribuir a la aparición de errores de tipo logístico (sobre todo cuando la experiencia de los proyectistas es limitada) y con ello a reducir el efecto util integral de una solución de proyecto.

Por otra parte no siempre los errores que se presentan en los proyectos tienen que sumarse y necesariamente conducir a un error e

consecuencia negativa final mayor. Junto a la ley de propagación de los errores debe considerarse también el hecho de que éstos, en su efecto final conjunto tienden a compensarse (+ y -) a causa del mecanismo de autoregulación que se activa en todo proceso de proyección correctamente ejecutado 10. Además, y apoyando lo planteado debe señalarse que el propio carácter cíclico de este proceso-analogamente puede ser comparado con la espiral de desarrollo de la calidad planteada por Juran [7] - contribuye también a la eliminación de los errores en las proyección o al menos, a la atenuación de sus efectos en las diferentes fases y etapas sucesivas en que éste se lleva a cabo y que, de hecho, representan "niveles progresivos de calidad", en la elaboración de las soluciones de proyecto (ver Figura 2).

Figure 2. Niveles de calidad en la elaboración de las soluciones de proyecto (en analogia con lo planteado por Juran 7.)



(DF: Determinación de funciones; D: Dimensionado; E: Estructuración; C: Conformación)

De todo lo antes expuesto puede concluirse que mediante la incorporación de un enfoque sistémico y un tratamiento científico riguroso del proceso de proyección que contemple, entre otros aspectos no menos importantes, una utilización más amplia y efectiva de las técnicas modernas de cómputo apoyadas en el desarrollo y aplicación de métodos estadísticos y de investigación operacional de carácter progresivo, los errores de todo tipo tienden a desaparecer o en el peor de los casos, a disminuir sus efectos negativos y con ello obtener resultados cualitativamente superiores en las soluciones de proyecto.

El Control del Proceso de Proyección, Evolución de la Calidad de las Soluciones de Proyecto

Para lograr una eliminación racional de los errores del proyecto, éstos tienen que ser

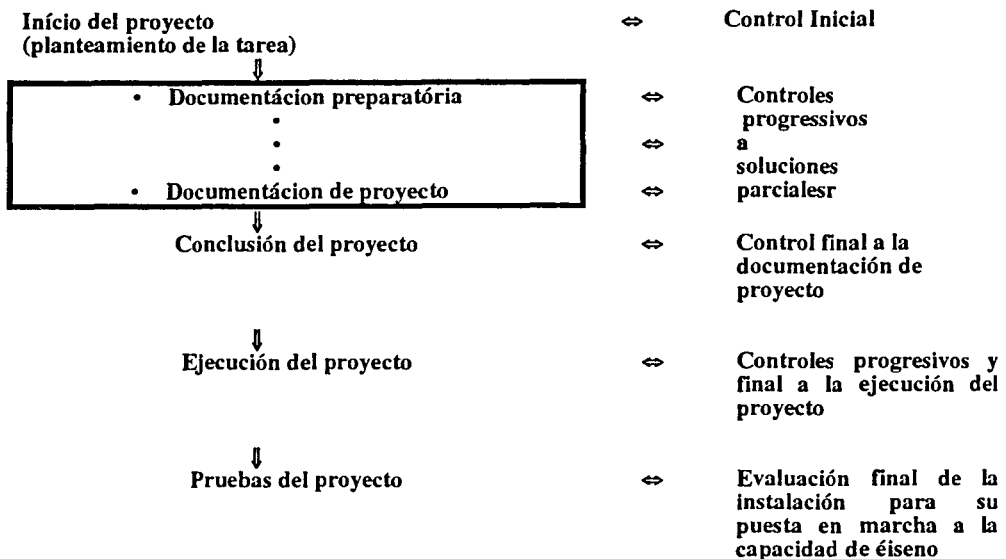
reconocidos a tiempo y estimadas sus consecuencias.

Es por ello que al proceso de proyección de una instalación industrial en su totalidad debe asociarse un sistema exigente de control desde el inicio hasta su conclusión, incluyendo la evaluación final de la instalación industrial para su puesta en marcha y explotación. La estructura básica de un sistema de este tipo se muestra esquemáticamente en la Figura 3 en analogía a lo planteado en [8] y [10].

La progresiva elevación de las exigencias de calidad de los proyectos en la actualidad, así como lo variado y complejo de su contenido como regla general, exige cada vez más de una alta calificación del personal vinculado a este proceso, de una adecuada logística, así como de una dirección calificada, competente y debidamente organizada.

Si bien es cierto que las metodologías, leyes y regulaciones vigentes en nuestros pa-

Figura 3. Estructura básica de un sistema integral de control de la calidad de un proyecto (en analogía con [8], 10).



íses vinculadas con la ejecución del proceso inversionista en su integralidad contemplan en su estructura procedimientos de control que "satisfacen en términos generalés" las exigencias de este proceso, existen aún insuficiencias en los métodos y procedimientos empleados para "medir" integralmente la calidad de las soluciones de proyecto en todas sus fases y etapas.

Evaluación de la Calidad de las Soluciones de Proyecto

La medida de la calidad del proyecto de una planta industrial constituye de hecho, la base para asegurar los niveles de calidad exigidos en el diseño de los productos elaborados en el proceso de producción proyectado, instalado y puesto en marcha.

Sobre la calidad de una solución de proyecto influyen múltiples y variados factores dado el carácter complejo de esta magnitud. En particular está determinanda fundamentalmente por:

- la calidad de la documentación inversionista: o sea, el cumplimiento de las especificaciones de proyecto y su correspondencia con la ejecución de la obra;
- la calidad de las instalaciones proyectadas: o sea, máquinas, equipos e instalaciones, soluciones constructivas y arquitectónicas, viales, redes técnicas, servicios al personal, instalaciones de seguridad, protección e higiene de las personas, instalaciones fabriles y medio ambiente, etc.;

- la calidad de las soluciones técnic-organizativas proyectadas para asegurar la explotación eficiente de las instalaciones a partir de su puesta en marcha.

Mientras de la calidad de las instalaciones y de las soluciones técnico-organizativas proyectadas se pueden ver influidas además por un grupo de factores "externos" al proceso de proyección en sí (por ejemplo, restricciones del mercado suministrador, disponibilidades de fuerza de trabajo calificada, disponibilidades materiales, financieras y de la documentación inversionista ejerce una marcada influencia la "forma" (métodos, procedimientos y medios) de proyectar y evaluar la calidad de las soluciones obtenidas (logística de la proyección).

Sobre los métodos, procedimientos y medio para elevar la racionalidad y eficiencia del proceso de proyección mediante un apoyo computacional adecuado, particularmente para instalaciones fabriles típicas de la industria mecánica, se desarrollan trabajos investigativos en la Universidad Central de Las Villas, República de Cuba, con resultados ya disponibles algunos y alentadores otros.

En lo concerniente a la logística utilizada en el proceso de toma de decisiones y la evaluación de las soluciones de proyecto en todas sus fase, el tipo y número de factores influyentes es, como regla general, elevado. Tampouco es posible ni racional en la mayoría de los casos, dada la magnitud de estos sistemas, resumir todos y cada uno de los factores influyentes en un método general. Solo aquellos que para un determinado proyecto se consideren como decisivos o fundamentales deben ser planteados y evaluados en la comparación de alternativas 17. Sin embargo, en la práctica de la proyección han predomi-

nado mas la aplicación de métodos de carácter económico para la evaluación de magnitudes denominadas indistintamente como “objetivas”, “tangibles”, o “económicamente cuantificables”, sobre otros métodos de evaluación de propiedades técnicas de las soluciones para magnitudes consideradas como “subjetivas”, “intangibles” o “no cuantificables económicamente” (o al menos de difícil cuantificación real), que han atentado contra la efectividad y racionalidad de las decisiones.

Si bien es cierto que el desarrollo alcanzado en los últimos años en la aplicación de las técnicas de investigación operacional a la toma de decisiones, permite disponer en la actualidad de un instrumental poderoso de procedimientos que pueden ser aplicados también con otros propósitos (por ejemplo, procedimientos multicriteriales 9, se hace necesario también “rescatar” la aplicación de otros métodos considerados como convencionales en la práctica de la proyección de plantas industriales; por ejemplo, métodos de evaluación por puntos, listas de chequeo, métodos de expertos, etc. En particular los métodos de evaluación por puntos (o de ponderación) presentan condiciones propias para cuantificar el nivel de calidad de una solución (Q), aunque debe prestarse la debida atención a la componente subjetiva de la evaluación (fijación de los factores de valoración y ponderación). Numericamente puede calcularse el nivel de calidad de una variante de solución (Q) por la expresión general siguiente 10:

$$Q_k = \left(\frac{\sum_{i=1}^n fw_i}{\sum_{i=1}^n fw_{i(max)}} \right) * 100 (\%) \tag{3}$$

donde:

fw_i = factor de valoración real de la calidad “i”, en puntos;

$fw_{i(max)}$ = factor de valoración máximo de la calidad “i” (por ejemplo, 5 puntos en un sistema de 0,5 puntos).

Una variante de cálculo más completa de este índice, asociado a un método integral de evaluación de soluciones de proyecto es el planteado por Woithe y Muller en 17 que - bajo la denominación de índice de calidad agregado (Qa) - determina para cada variante de solución “k” por la expresión(4)

$$Qa_k = \frac{1}{V_{max}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n (fp_i * v_{ik})}{\sum_{i=1}^n fp_i} \tag{4}$$

donde:

V_{max} = valoración máxima que se otorga a cada calidad “i” en el sistema empleado, en puntos (por ejemplo, 3 puntos en un sistema de 0. 3 puntos);

v_{ik} = valoración otorgada a la calidad “i” en la variante de solución “k”, en puntos (0 v_{ik} 3);

fp_i = factor de ponderación fijado para la calidad “i” en el conjunto de calidades a evaluar en las variantes de solución. En la literatura especializada se ofrecen varias recomendaciones sobre diferentes sistemas de ponderación; sin embargo en la práctica de la proyección se han obtenido buenos resultados aplicando un sistema donde: 1 fp_i 5).

Variantes de estos métodos que incluyen procedimientos de ponderación, así como

aplicaciones comprobadas de su efectividad en diferentes actividades del proceso de proyección pueden consultarse en la literatura especializada; por ejemplo [11], [12] y [17].

Fiabilidad en la Proyección de Plantas Industriales

Cada instalación industrial proyectada y convertida en realidad tiene que cumplir con las funciones previstas para ésta: por tanto, tiene que ser portadora de una determinada fiabilidad. La fiabilidad de una instalación industrial - también en analogía con un producto complejo - depende funcionalmente de múltiples factores individuales y por tanto, posee propiedades cambiantes (dinámicas) que surgen del necesario incremento de las exigencias cualitativas como consecuencia del progreso científico-técnico del que éstas son portadoras en el periodo que media desde la fase de elaboración de los proyectos hasta la puesta en funcionamiento de las instalaciones a plena capacidad y durante su vida útil [16].

La fiabilidad de un proceso de producción es también una magnitud compleja, como complejo es el carácter de éste y cuyos parámetros se pueden caracterizar según Rockstroh [10] por:

- el tiempo de duración de su función (por ejemplo, vida útil técnica y económica) (V_u);
- el tiempo de duración de su función (por ejemplo, vida útil técnica y económica) (V_u);

- el tipo y forma de utilización de los elementos individuales del proceso y su fiabilidad individual (R_i);
- la "edad" y el estado técnico de las instalaciones (T);
- las necesidades de mantenimiento, servicios periódicos y reparación de las instalaciones (M).

O sea:

$$R(s) = f(V, E, R_i, T, M)$$

donde:

$R(s)$ = fiabilidad del sistema en su conjunto.

Mediante una proyección "cualitativamente correcta" de las instalaciones industriales el proyectista puede influir decisivamente sobre su fiabilidad futura desde las mismas fases de preparación de las inversiones. El concepto de proyección cualitativamente correcta vincula estrechamente los aspectos sobre calidad de la proyección antes expuestos con los relativos a la fiabilidad de las instalaciones [5] y [11].

Para alcanzar un nivel adecuado de fiabilidad de las instalaciones industriales proyectadas se requiere considerar medidas que garanticen los trabajos de mantenimiento y renovación del parque de equipos, entre otras no menos importantes. Con el crecimiento sostenido de la mecanización y automatización de los procesos productivos se eleva la complejidad de las operaciones tecnológicas y no tecnológicas y con ello se plantean cada día mayores exigencias a la capacidad de las instalaciones de mantenimiento en las plantas industriales que son objeto de proyección [4].

Este hecho debe, incluso, ser en el futuro mas considerado en la actividad de proyección que en la actualidad para evitar omisiones que puedan conducir a gastos adicionales en la operación de las instalaciones.

Cada medida que contribuya a elevar la fiabilidad individual de cada elemento, instalación o proceso parcial contribuye a incrementar la fiabilidad del sector productivo, taller y/o de la instalación fabril en su conjunto y con ello, satisfacer de manera mas cabal las necesidades crecientes de bienes materiales de la sociedad. Un grupo de estas medidas a considerar en la fase de proyección de las instalaciones industriales en analogia a las planteadas por Rockstroh [10] y por Woithe y Muller [17] son:

- elaborar cronogramas ágiles y realistas para las diferentes fases y etapas del proceso inversionista sobre la base de una máxima reducción del tiempo que media entre la concepción de las soluciones y su puesta en marcha y mantener un control riguroso y sistemático de su ejecución;

- seleccionar en lo posible instalaciones, máquinas, etc, de elevado rendimiento productivo y con una alta fiabilidad individual que, a su vez, puedan adaptarse con racionalidad a posibles variaciones de los programas de producción;

- garantizar las capacidades e instalaciones necesarias para el mantenimiento y reparación de las instalaciones productivas, asi como la modernización y renovación a tiempo de las mismas sobre la base de una adecuada estrategia;

- seleccionar y/o disenar e instalar y/o construir instalaciones fabriles de uso general (por

ejemplo, edificaciones, redes técnicas, sistemas y medios de transporte y manipulación, etc.), que garanticen una adecuada flexibilidad ante los cambios en la producción, que no presenten una alta variedad en tipos diferentes y que demanden relativamente pocos gastos de mantenimiento;

- asegurar el rendimiento total exigido en determinados procesos tecnológicos u operaciones críticas o fundamentales mediante la creación de reservas economicamente fundamentadas que contribuyan a garantizar racionalmente la continuidad de trabajo necesaria de las instalaciones;

- considerar en el proyecto instalaciones de protección contra incendios (detección y extinción), protecciones eléctricas (incluyendo la protección contra descargas eléctricas) y de protección del medio ambiente;

- eliminar toda posibilidad de errores de operación a través de una adecuada selección y capacitación del personal que operará la planta, la elaboración de tecnologías de control, indicaciones para el personal, etc.

Conclusiones y Recomendaciones

El proyecto de una planta industrial, asi como esta última, considerada como una instalación real, constituyen un “proceso” y un “producto complejo” respectivamente, a los que se asocian, requerimientos, características, especificaciones e indices de calidad y fiabilidad y como tales deben ser enfocados para “asegurar su calidad” como base fundamental para el aseguramiento de la calidad de las futuras producciones que saldrán de sus instalaciones productivas.

Se ratifica la necesidad de concebir y/o perfeccionar un procedimiento integral de evaluación de la calidad de los proyectos de plantas industriales desde las denominadas fases iniciales de las inversiones hasta su puesta en funcionamiento a la capacidad de diseño, con un enfoque y logística que se corresponda cada vez más con las tendencias mas actuales en este campo y luchar por su "compatibilidad" a nivel de nuestras economías como base de la necesaria y no muy lejane integración latinoamericana. En este sentido debe prestarse especial atención a la calificación del personal encargado de este proceso y su adecuada dirección, así como a las vias mas racionales para el reconocimiento y eliminación de los errores que pueden presentarse en el proceso de proyección.

En este perfeccionamiento debe prestarse tambien especial atención a la precisión de las características, especificaciones e índices de calidad y fiabilidad que deben caracterizar una solución de proyecto de una planta industrial, incluyendo con particular énfasis, aquellas que ejerzan influencias decisivas sobre el medio ambiente.

Para garantizar instalaciones industriales de alta confiabilidad productiva se precisa la adopción de medidas concretas que deben ser consideradas y precisadas progressivamente en todas las fases del proceso de proyección. En el marco de estas medidas debe enfatizarse en aquellas que contribuyan al aseguramiento de las capacidades de mantenimiento y reparación de las instalaciones industriales.

Notas al Texto (página 1)

(1). Término utilizado para denominar de

manera general a las medidas de racionalización, modernización, ampliación y reconstrucción propiamente dicha de las instalaciones industriales.

Referências

- ALMEIDA, H. S. & TOLEDO, J. C. (1991) - Calidad Total del Producto. Revista Producción (ABEPRO), Vol. 2, N° 1, Rio de Janeiro, pp. 20, 37 (en portugués).
- ARLDT, H. (1970) - Sicherung der Schutzgute bei der Vorbereitung und Durchführung von Investitionen. Verlag Tribune, Berlin.
- CROSBY, P. B. (1987) - What are requirements? The successful organization takes them seriously. Quality Progress, Vol. XX, N° 8, p. 47., USA.
- GUARDIA DAQUIN, J. A. & HERNÁNDEZ PÉREZ, G. (1988). Efectividad del mantenimiento en empresas industriales - Sistema de actividades para su proyección. Revista Ingeniería Industrial (ISPJAE), Vol. IX, N° 2, ciudad de La Habana, pp. 109-116.
- HENNING, D. & Franke, L. (1987). Zuverlässigkeitsorientierte Projektierung von Fertigungsstrukturen im Maschinenbau. Fertigungstechnik und Betrieb. J.g. 37, Nr. 6, Berlin, S. 359,362.
- HERNANDEZ PÉREZ, G. & FLOSS, D. (1985) - Exigencias de la organización científica del trabajo en el proyecto de industrias. Revista Ingeniería Industrial (ISPJAE), Vol. VI, N° 3. Ciudad de La Habana, pp. 252-260.

- JURAN, J. M. et alii (1974) - Quality Control Handbook (Sect. 2), Third Edition. Mc Graw Hill Co. New York, pp. 2.4, 2.10.
- KUME, H. (1980) - Formal Design Review. UNIDO-AOTS, UN-QC, Tokyo, pp. 8, 30.
- MONTEIRO GOMES, L. F. A. & DUARTE, A. M. Jr. (1991) - La evaluación de proyectos con múltiples criterios. Revista Producción (ABEPRO). Vol. 2. N° 1, Rio de Janeiro, pp. 5.19 (en portugués).
- OITHE, G. & HERNÁNDEZ PÉREZ, G. (1986) - Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Construcción de Maquinaria. (1 Edición). Editorial Pueblo Y Educación, Ciudad de La Habana, pp. 16, 18.
- ROCKSTROH, W. (1980) - Die technologische Betriebsprojektierung, Band 1: Grundlagen und Methoden der Projektierung. VEB Verlag Technik, Berlin.
- ROCKSTROH, W. (1980). Die Technologische Betriebsprojektierung Band 4: Projektierung des Industriebetriebes. VEB Verlag Technik, Berlin.
- REED, R. Jr. (1969). Plant Layout-Factors, principles and techniques. Ediciones "R". Instituto Cubano del Libro. Ciudad de La Habana. pp. 352, 367.
- SEIDEL, H. (1980) - Anforderungen der Industrie an Effektive Projektlosungen. Fertigungstechnik und Betrieb, Jg. 30, N° 2, Berlin, S. 100-102.
- TEISSEYRE, W. L. (1966) - Klassifizierung von Projektierungsfehlern und deren Einfluss auf zu erreichende ökonomische Ergebnisse. Przegląd Mechaniczny, Heft. 3 (traducción alemana del original en Polaco).
- WOITHE, G. & GOTTSCHALK, E. (1976). Flexibilitat und Variabilitat von Maschinenbaubetrieben. Fertigungstechnik und Betrieb. Jg. J6, Heft. 12, S. 706, 710.
- WOITHE, G. & MULLER, G. (1982) - Beurteilung von Projektlosungen autonomer Strukturen. Miss. Zeitschrift der T. H. "Otto von Guericke", Magdeburg, Jg. 26, Helft 5. S. 91, 93.
- WOITHE, G. et alii (1979) - Zur Flexibilitat von Maschinenbautrieben, Die Technik, 32 Jg. Heft 7. S. 373, 374.