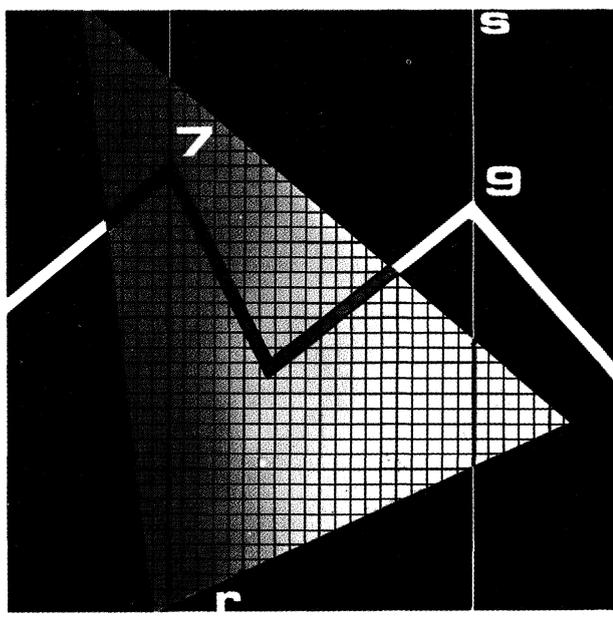


PARA UNA TEORIA DE LA CALIDAD EN CONSTRUCCION

Alvaro García Meseguer,
Dr. Ingeniero
Profesor de Investigación
IETcc

073-12



1. El Control de la calidad en la construcción

La preocupación por la calidad es una característica propia de las sociedades avanzadas, una vez superadas las etapas en las que prima la preocupación por la cantidad. Esta afirmación, que parece válida en cualquier campo de la actividad humana, es aplicable especialmente a los casos de satisfacción de necesidades básicas de los individuos y, en particular, al ámbito de la construcción.

La industria de la construcción es una de las más importantes en todos los países. La contribución del sector de la construcción al producto interior bruto oscila entre un 6 y un 12 por 100. La población empleada en el sector representa entre un 5 y un 10 por 100 del conjunto de la población activa. La parte de la construcción en la formación

bruta de capital fijo representa en torno al 60 por ciento del total de las inversiones. (1).

Pese a lo anterior, prácticamente en todos los países se considera que la calidad de la construcción está por debajo de lo que correspondería a una industria de su importancia y por debajo, en términos medios, de lo que los usuarios desearían. Hay que admitir, por ello, que el control de calidad que actualmente se ejerce en el sector de la construcción es insatisfactorio.

Tradicionalmente, el control de calidad en construcción se ha venido identificando con la vigilancia en obra y la realización de algunos ensayos. Este simplismo contrasta con el concepto, más elaborado, de control de calidad que se utiliza en otras industrias, el cual abarca todas las actividades del proceso —desde el diseño del producto hasta su comercialización— y hace uso de técnicas estadísticas más o menos sofisticadas pero de sencilla aplicación.

¿Qué características de la construcción pueden explicar el hecho de que esta industria no haya adquirido y aprovechado, al par que otras, esas técnicas de control de calidad? Una ayuda para responder a esta pregunta se encontrará en las siguientes reflexiones de carácter comparativo:

1. La construcción es una industria de marcado **carácter nómada**, en la que una constancia de condiciones en materias primas, procesos y recursos humanos resulta más difícil de conseguir que en otras industrias de carácter fijo.
2. En general, la industria de la construcción crea **productos únicos** y no productos seriales. La repetición de elementos es baja.
3. Se trata de una industria en la que, a diferencia de casi todas las restantes, no es aplicable la producción en cadena (productos móviles pasando por operarios fijos) sino la **producción concentrada** (operarios móviles actuando sobre un producto fijo). Ello dificulta la organización y sectorización de los trabajos, produce estorbos mutuos, etc.
4. Frente a otras más jóvenes y dinámicas, la construcción es una **industria muy tradicional**, tan antigua como el hombre, dotada por ello de una gran inercia.
5. La construcción utiliza gran cantidad de **mano de obra poco cualificada**. De hecho, la construcción absorbe en todos los países el empleo de personas procedentes del sector pri-

mario, que no poseen ninguna calificación profesional. Además, el empleo de estas personas suele tener **carácter eventual** y sus **posibilidades de promoción** dentro de la empresa están muy limitadas. Todo ello repercute en una **escasa motivación en el trabajo** y en una merma de calidad del producto.

6. Otras industrias trabajan a cubierto, mientras que la construcción lo hace a **la intemperie**, con dificultades de buen almacenamiento, sometida a las inclemencias del tiempo e incluso a conductas vandálicas. La protección es más difícil.
7. En otras industrias que ofrecen productos de vida limitada, el ciclo adquisición-disfrute-readquisición de productos análogos suele repetirse varias veces en la vida del comprador, lo que produce un **efecto aprendizaje del usuario** con respecto a la calidad del producto. En la construcción, por el contrario, el producto suele ser único (o casi único) para cada usuario a lo largo de su vida. La consecuencia es

que **el usuario influye muy poco** en la calidad final.

8. Con independencia del grado de complejidad de los productos, otras industrias utilizan especificaciones simples y claras, en tanto que la construcción emplea **especificaciones complejas**, a menudo contradictorias y no pocas veces confusas. Las calidades resultan mal definidas de origen.
9. En otras industrias, las responsabilidades se encuentran relativamente concentradas y están bien definidas. En la construcción, las responsabilidades aparecen **dispersas y poco definidas**, lo que arroja zonas de sombra para la calidad.

2. Los sujetos del proceso constructivo

Las consideraciones anteriores dibujan un panorama complicado, en el que intervienen diversas partes con diferentes intereses. Para poner orden en el panorama, hay que comenzar por identificar

CUADRO 1. – Principales sujetos del proceso constructivo

El Promotor	Toma la decisión de construir
El Proyectista	Realiza el proyecto-diseño
El Fabricante	Fabrica materiales, componentes y equipos
El Constructor	Ejecuta las obras
La Dirección Facultativa	Representa a la propiedad en los aspectos técnicos
El Propietario	Es el dueño de la construcción y responde de su mantenimiento
El Usuario	Disfruta de la construcción y es responsable de su buen uso
Los Laboratorios de Control	Ensayan materiales, componentes y equipos
Las Organizaciones de Control	Diseñan y ejecutan planes de control, interpretan resultados y, con todo ello, asesoran a su cliente
El Seguro en construcción	Influye de forma decisiva en la calidad
La Normativa	Constituye la base técnica de referencia para definir y comprobar calidades
La forma de contratación	Condiciona de origen la calidad final
La enseñanza y la formación	Constituye el soporte profesional necesario para obtener la calidad
La Investigación	Es la punta de lanza de todo progreso en construcción
La legislación	Regula el marco general de la construcción y las responsabilidades de los diversos sujetos
Los Colegios profesionales	Ordenan el ejercicio de las profesiones
La Administración	Actúa en todos los ámbitos e influye en todos los sujetos

a los que podríamos llamar «sujetos del proceso constructivo», expresión con la que aludimos no sólo a personas físicas o jurídicas, sino también, de forma amplia, a todos aquellos factores cuya consideración es necesaria por influir en la calidad final. En el Cuadro 1 aparecen los más importantes.

Cualquier estudio encaminado a mejorar la calidad de las construcciones habrá de partir de un análisis previo sobre la situación de cada uno de los sujetos del Cuadro 1, para identificar luego los puntos débiles y proponer medidas correctoras. Estos estudios tienen forzosamente un marcado carácter nacional, dadas las diferencias existentes en los hábitos técnicos, administrativos, legales, etcétera, entre los diversos países.

A título de ejemplo cabe citar los diversos trabajos publicados por el Comité de Construcción de la Asociación Española para el Control de la Calidad, organismo que analizó en 1971 la situación del control de calidad de la construcción en España (2), propuso soluciones en 1973 (3) y ha actualizado ambos trabajos diez años más tarde (4) con gran acierto*.

La mera observación del Cuadro 1 conduce a concluir que el problema de la calidad en construcción es complejo. Para empezar, cuando se intenta abordar su estudio resulta extraordinariamente difícil acotar sus límites. El campo de análisis se va ensanchando inevitablemente como una mancha de aceite a medida que se reflexiona en el asunto. El peligro de perderse en esta jungla es constante y, por ello, resulta fundamental el establecimiento de una buena metodología que, en mi opinión, está aún por construir.

3. El proceso de construcción

Como ya apuntamos en un trabajo anterior (5) el proceso de construcción puede esquematizarse mediante un pentágono (figura 1) en el que aparecen cinco actividades principales: Promoción, Diseño-proyecto, Materiales, Ejecución y Uso-Mantenimiento. Cada una de estas actividades es la responsabilidad de distintos sujetos: Promotor, Projectista, Fabricante, Constructor, Usuario-Propietario.

El proceso comienza en el Promotor como agente inmediato, si bien el agente último es el Usuario, porque el objetivo principal de la actividad de construir es satisfacer las necesidades de los usuarios; y termina en el Usuario porque es él quien se beneficia del bien construido.

Importa aclarar desde el principio que el término Usuario debe entenderse en un sentido amplio, el cual abarca dos colectivos:

(*) Véase la Sección Cuadernos del presente número.

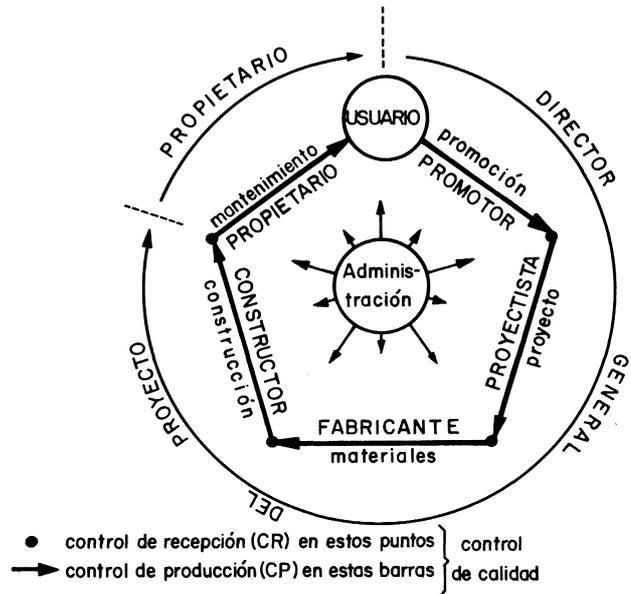


Fig. 1

- los **usuarios directos** que se benefician directamente de la construcción; y
- los **usuarios indirectos** que son usuarios directos del entorno de la construcción (incluidas, claro es, las construcciones vecinas) y pueden verse afectados positiva o negativamente por aquélla.

La expresión de las necesidades del Usuario se efectúa en la práctica estableciendo unos **requisitos básicos (performance criteria)** que la construcción debe reunir. Los tradicionalmente exigidos son tres: **seguridad, funcionalidad (o habitabilidad, en el caso de viviendas) y durabilidad**, a los que pueden añadirse, con mayor o menor énfasis según los casos, los de **economía y belleza**.

Pero hay otro requisito que no suele aparecer explícitamente mencionado en la literatura y cuya importancia es cada vez mayor en las sociedades avanzadas. Me refiero al requisito de **adecuación ambiental** según el cual la construcción no sólo no debe degradar el medio sino que debe contribuir a una mejora de la calidad de vida del entorno. Este requisito, pues, viene a salvaguardar a los usuarios indirectos frente a los usuarios directos.

La idea es relativamente nueva y merece la pena añadir algunas consideraciones en torno a ella.

3.1. La adecuación ambiental

Las exigencias que la adecuación ambiental impone están todavía poco desarrolladas. En España existe un Anteproyecto de Ley General del Medio Ambiente cuyo objetivo es regular la materia de forma amplia y que afecta claramente a las nuevas

construcciones. Así por ejemplo, su artículo 25 exige un estudio previo de impacto ambiental (y la correspondiente autorización administrativa) a todas las actividades públicas o privadas que puedan alterar de forma importante el medio ambiente; y el Anejo I de la Ley incluye entre tales actividades las industrias de la energía, metalurgia, industrias químicas, aeropuertos, embalses, autopistas, etcétera, actividades todas ellas que están directamente relacionadas con la construcción.

Pero aún sin llegar tan lejos, debemos reconocer que es un mal tradicional de la construcción el no haber tomado debidamente en cuenta a los que hemos llamado usuarios indirectos y, en particular, a los usuarios de las construcciones vecinas. Casi todos los Códigos del mundo mencionan como exigencias la seguridad, funcionalidad y durabilidad de la propia construcción, pero ninguno se refiere a que tales requisitos deben conseguirse sin afectar a la seguridad, funcionalidad y durabilidad de las construcciones vecinas.

Veamos algunos ejemplos:

Ejemplo 1. Se construye una nueva autopista cumpliendo todas las condiciones de los Códigos actuales. Años más tarde se producen inundaciones en la zona debidas a un régimen extraordinario de lluvias torrenciales. Las aguas son desviadas por los terraplenes de la autopista y, como consecuencia de ello, se causan daños en un área habitada que, hasta entonces, no había experimentado este tipo de problemas. La seguridad ha fallado.

Ejemplo 2. La construcción (con arreglo al Código) de un nuevo edificio alto en una zona de rascacielos modifica el régimen local de vientos y provoca vibraciones molestas en los edificios vecinos. La funcionalidad ha fallado.

Ejemplo 3. Los cimientos de una construcción modifican la trayectoria de una corriente subterránea de aguas agresivas, produciendo ataques no previstos en las cimentaciones existentes del entorno. La durabilidad se ve afectada.

El requisito de adecuación ambiental, cuya inclusión en los Códigos de Construcción aquí se propugna, plantea un problema de cuantificación (¿cuánta disminución de seguridad, funcionalidad o durabilidad estamos dispuestos a aceptar? ¿es medible esa disminución?) y otro de extensión (¿hasta dónde debemos llegar? ¿nos limitamos a las construcciones vecinas? ¿entramos también en el impacto ambiental?). Algunos casos serán perfectamente claros (por ejemplo, prohibición de construir en altura cerca de una pista de aeropuerto), otros lo serán menos (¿puede aceptarse que una nueva construcción venga a quitar el sol a la placita del pueblo en la que se reúnen a charlar las gentes?) y no pocos darán pie a polémicas públicas (¿degradan las centrales nucleares la cali-

dad de vida?). El caso de la Torre de Valencia en Madrid, destruyendo la limpia perspectiva que ofrecía desde Cibeles la Puerta de Alcalá, o el del castillo de Peñafiel, oculto por nuevas casas para su visión desde la carretera, son dos ejemplos reales de los muchos que podrían citarse.

¿Cómo introducir en los Códigos el requisito de adecuación ambiental?

Una primera posibilidad sería tratarlo como un nuevo estado límite. Los Códigos podrían decir algo así:

«Las estructuras deben proyectarse para que cumplan los requisitos de seguridad, funcionalidad, durabilidad y adecuación ambiental.»

Esta solución no es satisfactoria, por dos razones. En primer lugar, dentro del concepto de adecuación ambiental están involucrados los otros tres (ver ejemplos 1, 2 y 3), por lo que no es correcto colocar este requisito a su mismo nivel. Por otra parte, la adecuación ambiental debe tenerse en cuenta desde el principio del proceso de construcción (promoción/planteamiento) ya que la etapa de diseño puede resultar tardía en muchos casos.

Por lo antedicho, una posible solución consiste en referir los actuales requisitos básicos (o estados límites) **no a las estructuras, sino a las personas (usuarios)** aclarando que el concepto de usuarios engloba tanto a los directos como a los indirectos, en la forma que hemos definido al principio del presente apartado.

De forma correlativa, al estudiar las situaciones de riesgo que pueden presentarse (azares) poniendo en peligro el adecuado desempeño de la estructura, edificio o construcción en general, convendrá distinguir entre **riesgos directos** (que suponen riesgos para la estructura y afectan fundamentalmente a los usuarios directos) y **riesgos indirectos** (que suponen riesgos a causa de la estructura y afectan a los usuarios indirectos).

Esta solución conduce a recomendar que los Códigos futuros contengan una cláusula inicial redactada en los siguientes o parecidos términos:

«La finalidad del proceso de construcción es satisfacer una necesidad humana, expresada mediante una serie de requisitos básicos. Para cumplir los requisitos básicos, las estructuras deben proporcionar un nivel apropiado de seguridad y un adecuado funcionamiento en condiciones normales de uso, durante un período de tiempo razonable, a todos los usuarios, no sólo a los usuarios directos —que se benefician directamente de la construcción— sino también a los indirectos —que son usuarios directos de las construcciones vecinas— y a la comunidad en general. Para cumplir los requisitos básicos, deben adoptarse las

medidas adecuadas en cada etapa del proceso de construcción: promoción, proyecto, elección de materiales, ejecución, uso y eventualmente demolición.»

Pero si se prefiere mantener el aire tradicionalmente adoptado por los Códigos, es decir, continuar refiriéndose a las estructuras y no a las personas, la solución podría ser la siguiente:

«Las estructuras deben promoverse, proyectarse, construirse y usarse de forma que cumplan los requisitos de seguridad, funcionalidad y durabilidad, sin alterar el cumplimiento de estos mismos requisitos en las construcciones vecinas ni provocar un impacto ambiental negativo para la comunidad.»

3.2. Organización del control de calidad

Volvamos al esquema simplificado del proceso de construcción que se muestra en la figura 1. El defecto de nuestros Códigos actuales y, más todavía, del concepto que del ámbito de la construcción tienen la mayoría de los profesionales que se ocupan de ella, es considerar tan sólo las tres actividades centrales del proceso, proyecto, materiales y ejecución, ignorando las otras dos que, curiosamente, son las que enlazan con el usuario. Se diría como si alguien hubiese tenido el empeño de aislar a los técnicos de la construcción en un recinto cerrado, sin comunicación directa con la comunidad. Basta con echar un vistazo al índice de los libros técnicos, normas, etc., para comprobar que es así.

Y sin embargo, la calidad en construcción es un concepto global que no puede aislarse por tramos. Las interinfluencias entre los lados del pentágono son grandes. En particular, la fase primera que venimos llamando de promoción es de una importancia capital para la calidad del conjunto.

¿Cómo se organiza el control de calidad de todo el proceso? A través de un doble mecanismo, articulado entre sí y constituido por dos tipos de

controles: el **control de producción** y el **control de recepción**. El conjunto de ambos constituye el **control de calidad**.

El **control de producción** lo ejerce, dentro de cada lado del pentágono, el sujeto que ejerce la actividad correspondiente. Se trata, pues, de un **control interno**, dentro del cual cabe todavía distinguir —especialmente en el caso de grandes organizaciones— un **autocontrol** (a cargo de la persona o servicio que realiza la actividad productiva) y un **control interno independiente** (que los franceses denominan «control interno exterior» con expresión poco afortunada) a cargo de personas de la misma empresa pero ajenas a la producción. Por su parte, el **control de recepción** se lleva a cabo en los vértices del pentágono, es decir, en el paso de una actividad a otra, donde se da una transferencia de responsabilidades; este control es llevado a cabo, naturalmente, por quien recibe el producto de la actividad anterior, que es para él una materia prima. Se trata, por ello, de un **control externo**.

En todas las variantes de control mencionadas, éste puede llevarse a cabo de una manera directa o mediante un tercero contratado al efecto (**control propio o contratado**). Como es obvio, en los casos de control contratado a una Organización de Control (*), ésta se debe a su cliente y no puede dar información a otros, lo que asegura el mantenimiento de la independencia mutua de los controles de producción y recepción cualquiera que sea la modalidad, propia o contratada, que se utilice.

En un lugar central del proceso constructivo y como muestra la figura 1, la Administración vigila las diferentes fases del mismo, con un especial énfasis en los vértices de transferencia. Esta vigilancia de la Administración reviste distintas modalidades y se ejerce con mayor o menor intensidad según los países y tipos de obras.

(*) La diferencia entre una Organización de Control y un Laboratorio de Control es que este último se limita a la ejecución de ensayos, mientras que la primera elabora planes de control e interpreta resultados. Más detalles sobre el tema pueden encontrarse en la referencia 4.

CUADRO 2.— Diferencias entre control de producción (CP) y Control de Recepción (CR)

	CP	CR
QUIEN lo hace	El productor	El receptor
QUE se busca	Ofrecer la calidad pactada al mínimo costo	Comprobar la calidad pactada con el menor riesgo
ACTUA sobre	El proceso	El producto
VARIABLES de control	Las más cómodas (correlaciones)	Las más representativas
TECNICAS empleadas	— gráficos de control — registros continuos	— tablas de muestreo — criterios de A/R

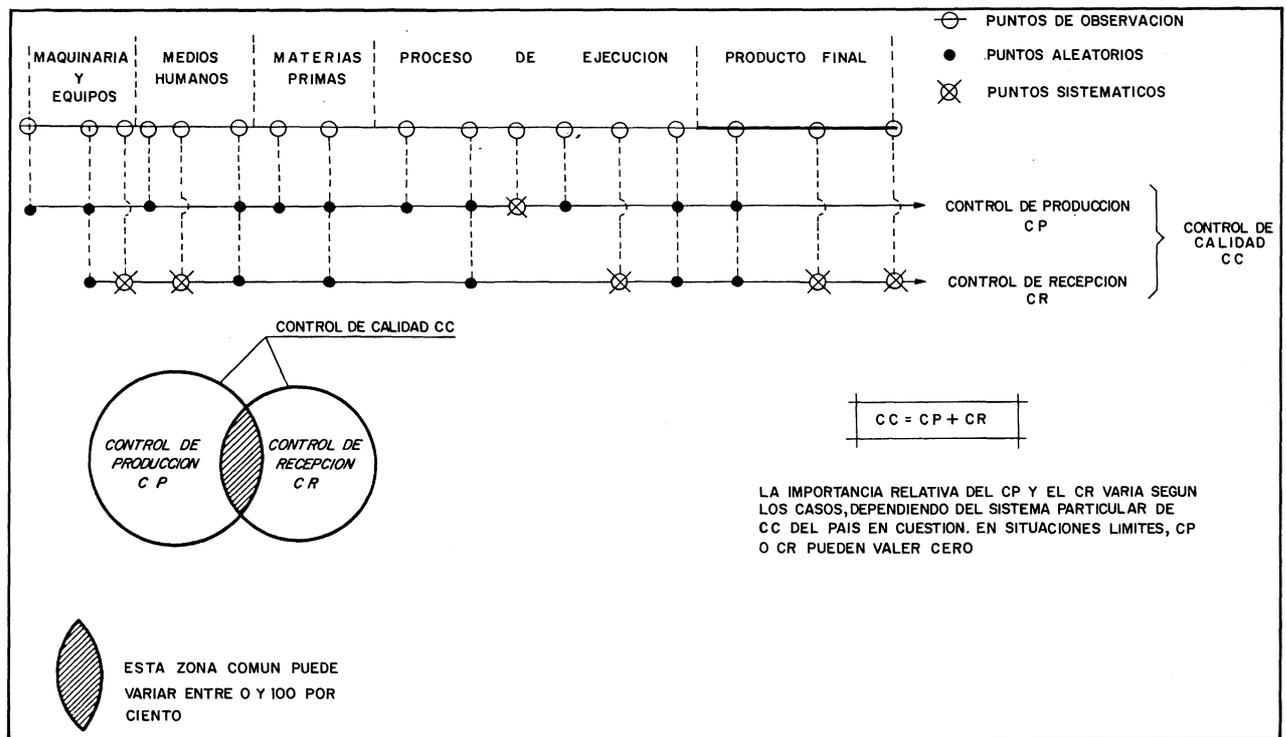


Fig. 2

Merece la pena destacar que los controles de producción (CP) y de recepción (CR) se diferencian entre sí en varios aspectos y no sólo en el del sujeto que lo lleva a cabo. En el CP lo que importa es mantener el proceso bajo control, mientras que en el CR se coloca el énfasis en el producto acabado. Por esta razón, las variables más adecuadas para ejercer el control no suelen coincidir, ya que en el CP interesan aquellas cuya medición sea rápida y barata, mientras que en el CR convienen las más representativas de la calidad. Por otra parte, el objetivo que se busca en el CP es ofrecer la calidad pactada al menor coste posible, mientras que en el CR se busca comprobar con el menor margen posible de error que se recibe la calidad pactada. En fin, los medios de control empleados son también diferentes, ya que el CP utiliza fundamentalmente gráficos y registros continuos, expresivos de un proceso, en tanto que el CR suele utilizar tablas de muestreo y criterios de aceptación-rechazo, expresivos de una aceptación por lotes. En el Cuadro 2 hemos resumido las diferencias mencionadas.

En la figura 2 aparecen unos esquemas ilustrativos de los dos tipos de control, CP y CR. Este esquema, aplicable a cualquiera de las fases del proceso constructivo, considera en forma general cinco aspectos sobre los que debe ejercerse control, a saber:

- medios materiales
- medios humanos
- materias primas
- proceso de producción
- producto terminado.

En esencia, el control consiste en establecer puntos de observación en cada uno de estos sectores y analizar los resultados de las observaciones efectuadas, comprobando que se ajustan a lo necesario para garantizar la constancia estadística del proceso y el nivel de calidad del producto. Los puntos de observación, según los casos, tendrán carácter sistemático o carácter aleatorio, tanto en el tiempo como en el espacio.

Cuando lo dicho es efectuado por el responsable de la actividad en cuestión, el resultado es un CP. En cuanto al CR, si bien sus observaciones deben concentrarse en el producto acabado, también deben incluir normalmente algunas observaciones aguas arriba, del proceso, ora porque de otro modo no sería posible comprobar alguna característica de importancia, ora porque siendo posible, ello resulte prohibitivo desde el punto de vista económico. Por otra parte, las observaciones del CR serán, en general, *ex novo*, pero deberán aprovechar también las efectuadas en el CP, aleatoriamente escogidas si se quiere.

Resulta así que el CP y el CR son independientes pero complementarios. Dicho de otro modo, la independencia de ambos controles entre sí, que es una condición básica para la eficacia del sistema, no debe traer consigo una ignorancia mutua del uno con respecto al otro. Esta idea debe tenerse en cuenta si se quiere optimizar todo el proceso. De ahí que CP y CR puedan representarse como dos círculos secantes (figura 2).

Cualquier sistema de control ejercido en construcción —y son muchos según los países, tipos de

obras y fases del proceso— tiene cabida en el esquema de los dos círculos, habida cuenta de que cualquiera de ellos puede variar su tamaño respecto al otro, puede reducirse a cero, puede englobar al otro, etcétera. Las configuraciones extremas son desaconsejables por conducir a exceso de riesgo respecto a la calidad o a exceso de costo. Por el contrario, las configuraciones equilibradas se corresponden con una optimización de ambos factores.

3.3. Modos de control

Una observación atenta del proceso de desarrollo e implantación de las técnicas modernas de control de calidad en el campo de la construcción, conduce a constatar que existen cuatro modos de control, los cuales pueden considerarse como etapas sucesivas que se van recorriendo a medida que se eleva el nivel de calidad en el país correspondiente. Estos modos se definen en el Cuadro 3.

CUADRO 3.— Modos de Control

MODO	DEFINICION	SIMBOLO
1	Sistema tradicional de supervisión. No existe control de calidad en el sentido actual del término	
2	Se desarrolla un control de recepción	
3	Se desarrolla un control de producción sin nexo alguno con el control de recepción	
4	Se alcanza un estadio de control de recepción más control de producción combinados, con una zona común	

El tránsito de un modo a otro es una cuestión de tiempo y está ligado también al tipo e importancia de la obra. Lo normal es que, en cualquier país, coexistan varios modos. En particular, el modo 3 corresponde a una etapa de transición en la cual

el esfuerzo económico que globalmente se dedica a control es excesivo con relación a los resultados obtenidos. El hormigón premasado que, en ciertas obras de importancia, se somete a repetidos controles de diverso origen (del propio fabricante; del constructor; del director de obra; etc.) puede servir como ejemplo. Por el contrario, el modo 4 corresponde a una optimización del cociente calidad/coste referido al control. Una expresión práctica del modo 4 son los Sellos o Marcas de Calidad.

Cada uno de los modos de control indicados tiene un techo de eficacia, alcanzado el cual no conviene intensificar el control sino cambiar de modo. Como ejemplo puede citarse el control de materiales que, en muchos países de desarrollo medio, se viene haciendo en modo 2; cuando, para progresar en eficacia, se pretende intensificar el control, la permanencia en el modo 2 termina por convertir las obras en inmensos laboratorios. Esta acción es equivocada, siendo lo adecuado pasar al modo 3 y, posteriormente, al 4.

Preguntémosnos ahora en qué orden las distintas fases del proceso constructivo (es decir, los cinco lados del pentágono) han ido incorporando las técnicas de control de calidad. La respuesta no es difícil:

- 1.—Fabricación de materiales
- 2.—Ejecución de obras
- 3.—Proyecto
- 4.—Planeamiento y Conservación

Este orden es el mismo en todos los países. Más aún, puede asegurarse que también ese orden (control de materiales-control de proceso-control de diseño) se da en otras ramas industriales. Parece como si el control de proyecto fuese un hallazgo imposible de efectuar si no se ha pasado previamente por el control de materiales y del proceso de fabricación.

Si comparamos ahora la ordenación indicada con el origen de los fallos en edificios (cuadro 4) encontraremos una clara correspondencia, por lo que no parece arriesgado concluir que **la cuota de responsabilidad que cada fase del proceso constructivo tiene en los fallos acaecidos es inversamente**

CUADRO 4.— Origen de los fallos de servicio en edificios (en %)

	Bélgica	Reino Unido	R. F. Alemana	Dinamarca	Rumania	MEDIA
PROYECTO	46 a 49	49	37	36	37	40-45
EJECUCION	22	29	30	22	19	25-30
MATERIALES	15	11	14	25	22	15-20
USO	8 a 9	10	11	9	11	10

proporcional al grado de control ejercido en dicha fase.

En particular, la fase de proyecto es responsable de casi la mitad de los fallos en construcción. Como dice Hillemeier (6) **se producen más errores en las oficinas que en las obras**. El país que desee mejorar su situación deberá por tanto establecer los mecanismos adecuados de control de calidad de los proyectos.

Los modos de control constituyen una excelente pauta para conocer el grado de avance que un determinado país presenta en el camino de la calidad en construcción. En los cuadros 5 a 9 (tomados de la referencia 7) aparece reflejada la situación existente en Alemania Federal, Francia, Holanda, Reino Unido y España. La comparación entre ellos permite concluir que las mejores situaciones corresponden a:

- Holanda, en promoción-planeamiento
- Francia, en proyecto y materiales
- Alemania, en ejecución
- Reino Unido, en uso y mantenimiento

ocupando nuestro país un lugar intermedio en todas las fases.

3.4. Niveles de control

Al implantar un sistema de control puede ser conveniente definir de antemano varios niveles de

control y, de hecho, diversas normas lo hacen así. Según cuál sea el caso, los niveles de control serán solamente uno (**nivel normal**), dos (**nivel normal y nivel reducido o nivel intenso**) o tres (**niveles reducido, normal e intenso**).

Corresponde a la normativa de control de calidad el definir tales niveles y su campo de aplicación. En cualquier caso, habrá de tenerse en cuenta que la eficacia del control depende fundamentalmente de:

- el grado de independencia entre el control y lo que se controla;
- la intensidad del control (frecuencia y ámbito abarcado);
- el criterio de aceptación-rechazo; y
- las acciones a tomar caso de no cumplimiento.

Fácilmente se comprende que un nivel más elevado de control resulta más caro pero conduce a decisiones más fiables, debido a su mayor eficacia en la detección de desviaciones. Por consiguiente, en el campo de las estructuras, parece razonable establecer una relación entre niveles de fiabilidad y niveles de control. Los conocimientos existentes hasta la fecha no permiten establecer todavía esta relación sobre bases científicas, ya que no se conoce (8) la importancia relativa que poseen los

CUADRO 5

ALEMANIA FEDERAL			MODO 1	MODO 2	MODO 3	MODO 4	OBSERVACIONES
			○	⊗	⊗ ⊗	⊗ ⊗	
MATERIALES	Cemento						
	Aridos						
	Acero para armar						
	Acero para pretensar						
	Aditivos						
	Hormigón preparado						
EJECUCION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	Prefabricación						
	IN SITU	Obra civil					
		Edificación					
PROYECTO	Obra civil						
	Edificación						
PROMOCION	Obra civil						
	Edificación						
MANTENIMIENTO							

CUADRO 6

FRANCIA		MODO 1	MODO 2	MODO 3	MODO 4	OBSERVACIONES
		○	⊗	⊗ ⊗	⊗ ⊗	
MATERIALES	Cemento					
	Aridos					
	Acero para armar					
	Acero para pretensar					
	Aditivos					
	Hormigón preparado					
EJECUCION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	Prefabricación					Depende del tipo de elementos
	IN SITU	Obra civil				
		Edificación				
PROYECTO	Obra civil					
	Edificación					
PROMOCION	Obra civil					
	Edificación					
MANTENIMIENTO						

CUADRO 7

HOLANDA		MODO 1	MODO 2	MODO 3	MODO 4	OBSERVACIONES
		○	⊗	⊗ ⊗	⊗ ⊗	
MATERIALES	Cemento					
	Aridos					
	Acero para armar					
	Acero para pretensar					
	Aditivos					
	Hormigón preparado					
EJECUCION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	Prefabricación	-----	-----			- Elementos de hormigón, como tubos, viguetas, etc - Elementos constructivos - Algunos elementos específicos
	IN SITU	Obra civil				1- Existe un CP que combina la certificación con la inspección en obra. Si la certificación aumenta, la inspección disminuye. En esta situación, el CP se mantiene más o menos constante y el CR no disminuye necesariamente.
		Edificación	2			
PROYECTO	Obra civil					
	Edificación					
PROMOCION	Obra civil					
	Edificación					
MANTENIMIENTO						

CUADRO 8

REINO UNIDO		MODO 1	MODO 2	MODO 3	MODO 4	OBSERVACIONES
		○	⊗	⊗ ⊗	⊗ ⊗	
MATERIALES	Cemento					
	Aridos					
	Acero para armar					
	Acero para pretensar					
	Aditivos					
	Hormigón preparado					La Asociación de Fabricantes introdujo un sistema voluntario de Control de Calidad en 1968
EJECUCION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	Prefabricación					Para productos nuevos se emplean certificados DIT
	IN SITU	Obra civil				
		Edificación				
PROYECTO	Obra civil					Comprobaciones independientes en algunos puentes
	Edificación					
PROMOCION	Obra civil					Algunas limitaciones relativas al impacto ambiental
	Edificación					IDEM respecto a fuego y ahorro de energía
MANTENIMIENTO						Los edificios escolares y algunos puentes se inspeccionan regularmente

CUADRO 9

ESPAÑA		MODO 1	MODO 2	MODO 3	MODO 4	OBSERVACIONES
		○	⊗	⊗ ⊗	⊗ ⊗	
MATERIALES	Cemento					Falló un sistema oficial de Marca de Calidad
	Aridos					
	Acero para armar					
	Acero para pretensar					En preparación un Sello de Calidad
	Aditivos					
	Hormigón preparado					Sello de Calidad en preparación avanzada
EJECUCION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	Prefabricación					Depende del tipo de elementos
	IN SITU	Obra civil				
		Edificación				
PROYECTO	Obra civil					
	Edificación					
PROMOCION	Obra civil					
	Edificación					
MANTENIMIENTO						

CUADRO 10.— Relaciones entre coeficientes de seguridad y nivel de control

NORMA	AÑO DE INCLUSION	NIVEL DE CONTROL	γ_s	γ_c	γ_f
Código Modelo CEB-FIP	1978	Según el Código Inferior al Código Superior al Código	—	1,5 1,6 1,4	—
Danesa	1973	I II III	1,6 1,7 1,8	1,8 2,0 2,4	—
Brasileña	1975	Según la Norma Inferior a la Norma Riguroso en Prefabricación	1,15 1,25 —	1,4 — 1,3	—
Española	1973	De Materiales: Reducido Normal Intenso	1,2 1,15 1,10	1,7 1,5 1,4	
		De Ejecución: Reducido Normal Intenso			1,7 a 1,8 1,5 a 1,8 1,4 a 1,7

dístitos medios que influyen en la seguridad estructural, es decir:

- la elección del cuadro de situaciones de riesgo;
- el modelo de cálculo;
- los valores de los coeficientes γ de seguridad; y
- el control de calidad.

A pesar de lo anterior, algunos Códigos, especialmente europeos, han introducido variaciones en los coeficientes γ en función del nivel de control, como puede verse en el Cuadro 10. En este tema, España ocupa una posición avanzada, ya que la EH-80 hace intervenir el control no sólo en los coeficientes de minoración de materiales sino también en los de mayoración de acciones. Por su parte, los norteamericanos parecen sentir ahora estas mismas inquietudes (9).

En el caso de Sellos o Marcas de Calidad de materiales, los niveles de control adoptan la forma más amplia de Niveles de Inspección. Las factorías en posesión del Sello o Marca van pasando de un nivel a otro en función del historial de calidad proporcionado por el propio control. Tales Sellos o Marcas encuentran también su reflejo en las acciones de control que se efectúan en obra y, en definitiva, en el valor de los coeficientes γ , como explícitamente se indica en la Instrucción Española EH-80.

Finalmente debemos añadir que ningún método estadístico de control de calidad puede impedir

que se cometan errores gruesos debidos a un fallo humano. Estos errores deben ser cubiertos mediante medidas adecuadas de garantía de calidad.

4. La garantía de calidad

Tras haber analizado, desde un punto de vista muy general, el proceso constructivo, así como los diversos sujetos que intervienen en el mismo, procede que nos preguntemos de qué manera podrían tenerse en cuenta, con carácter sistemático, todos los aspectos que juegan en el problema y a través de qué mecanismos podría asegurarse el funcionamiento correcto del conjunto. En otras palabras, estamos cuestionándonos qué significa una garantía de calidad en construcción.

Para responder a la pregunta debemos contemplar el pentágono de la figura 1 como un todo y considerar que con la **calidad** hay que hacer cinco cosas:

- **definirla**
- **obtenerla**
- **comprobarla**
- **demostrarla**
- **documentarla**

La **definición** de la calidad se efectúa por medio de Especificaciones. Estas Especificaciones han venido siendo hasta ahora de dos tipos: unas de producto y otras de proceso. Se tiende hoy a redactar las Especificaciones en forma de **Criterios**

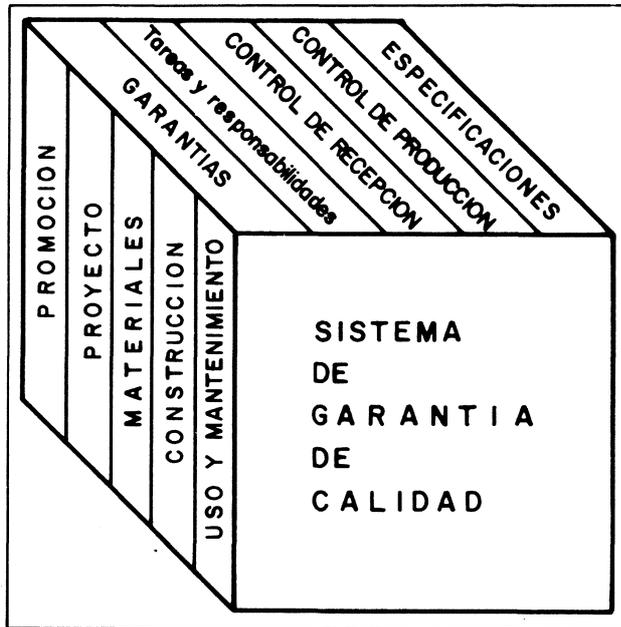


Fig. 3

Prestacionales (o Criterios de Desempeño, «performance criteria»), es decir, como un conjunto de requisitos relativos al comportamiento, a la prestación que el producto final debe ofrecer a su usuario. De esta manera, los Códigos de Construcción van a ser en el futuro un repertorio de respuestas directas a las necesidades de los usuarios, con lo que éstos recuperarán un protagonismo en el proceso.

La **obtención** de la calidad requiere el establecimiento de unas Normas de Producción, las cuales tendrán un carácter interno, libre, propio de cada sujeto productor, constituyendo lo que suelen llamarse Manuales de Procedimientos.

La **comprobación** de la calidad significa la existencia de unas normas de Control de Producción, las cuales, a diferencia de los Procedimientos, deben tener un carácter unificado y ser públicamente conocidas.

La **demostración** de la calidad se efectúa por medio de unas normas de Control de Recepción, también unificadas y públicas.

La **documentación** de la calidad exige que todas las actuaciones del proceso queden debidamente documentadas, actualizadas y archivadas, comenzando por el propio proyecto de la obra realmente construida, es decir, el proyecto inicial junto con las modificaciones introducidas en obra.

Todo lo anterior se desenvuelve en un marco de relaciones contractuales entre los diversos sujetos del proceso. En cada actividad es fundamental que exista una buena definición de misiones, tareas y responsabilidades. La definición de tareas implica aspectos técnicos, de organización y de

gestión, mientras que la definición de responsabilidades tiene una vertiente legal y jurídica. Todo ello, además, resulta afectado por el sistema de contratación. Finalmente, un conjunto de garantías bien establecido completa el sistema.

Un resumen de lo dicho se muestra en la figura 3.

Así visto, se comprende que la Garantía de Calidad (GC) es un concepto muy amplio que reposa en el hecho fundamental de concebir el proceso de construcción como un todo único. Este concepto está hoy día abriéndose paso con gran fuerza en el campo de la construcción, al cual ha llegado a través de su aplicación en centrales nucleares. De hecho, la extensión de los sistemas de GC a las obras ordinarias y, en particular, a las estructuras, es objeto de estudio en estos momentos en casi todo el mundo.

El propio significado de la expresión Garantía de Calidad está aún en discusión. Para algunos, GC es casi sinónimo de «relleno de impresos», «documentación», etc., mientras que para otros (el autor entre ellos) se trata más bien de un «pensar por adelantado y de forma global». La mejor definición de Garantía de Calidad disponible hasta la fecha es, probablemente, la que ha sido propuesta en el seno de la IABSE, a partir de la elaborada por el Comité Conjunto de Seguridad Estructural (10), por los expertos que participaron en el Seminario recientemente celebrado sobre estas materias (Rigi, Suiza, junio 1983). Dicha definición es la siguiente:

«El objetivo que persigue la Garantía de Calidad es asegurar que todas las actividades que influyen en la calidad final de un sistema estructural están basadas en requisitos básicos claramente definidos, respetando las condiciones operativas y ambientales; se llevan a cabo correctamente por un personal competente y de acuerdo con planes previamente elaborados, que incluyen una clara definición de responsabilidades; y todo ello queda probado a través de una documentación adecuada.»

Esta definición, que compartimos, ha sido calificada por Bosshard de «negativa, defensiva y burocrática» (11). El asunto sigue en discusión. Lo que nadie discute es que la Garantía de Calidad está permitiendo enfocar los problemas de un modo más racional y equilibrado a como se venía haciendo cuando las ópticas de los distintos sujetos estaban compartimentadas. En particular, gracias a la GC la actividad inicial del proceso (promoción-planeamiento) está recibiendo una atención creciente por parte de los técnicos, como corresponde a su importancia, ya que en esta fase se toman, consciente o inconscientemente, decisiones que por acción u omisión van a condicionar la calidad de la obra terminada.

Como pequeño ejemplo ilustrativo deseo traer aquí el caso del Proyecto Ariane, de la Agencia Eu-

ropea del Espacio, en el que participan varios países europeos y cuyo objetivo es la puesta a punto de un lanzador de satélites de comunicaciones plenamente europeo, independiente de los de las dos grandes potencias. España colabora, entre otras cosas, encargándose de una parte de la estructura del cohete, que se fabrica en Construcciones Aeronáuticas, S. A. y se prueba en la sala de ensayos mecánicos del Instituto Eduardo Torroja. Pues bien, tras haber ensayado con éxito diversos prototipos que no iban a ser lanzados, llegó el momento de ensayar en nuestro Instituto el módulo real. Durante el montaje del ensayo, un gato hidráulico cayó desde lo alto del castillete y golpeó la base del módulo, produciendo una leve abolladura en un larguero de refuerzo. ¿Qué hacer? Se consultó el programa de Garantía de Calidad elaborado para el Proyecto y, como era de esperar, se encontró que contenía un capítulo dedicado a **Incidencias**. Se siguieron las instrucciones allí contenidas, con envío a París de fotografías del resultado del incidente, y pudo proseguirse el ensayo en forma y tiempo útiles, gracias a que alguien **había pensado por adelantado** (Garantía de Calidad). Por cierto que mis colegas del IET han sido recientemente felicitados por los Inspectores del proyecto por la pulcritud de su trabajo (los primeros ensayos datan de 1977) que, a decir de ellos, es el que menos problemas les presenta de entre los centros que inspeccionan en Europa.

Pero volvamos al campo de la construcción. Para Ferry Borges (12) los principales tipos de problemas relacionados con la Garantía de Calidad son los que figuran en el Cuadro 11 y, cada uno de ellos, precisa del apoyo de alguna rama de la ciencia más o menos novedosa para nosotros. Como se verá, las ciencias humanas adquieren, desde esta óptica, una importancia creciente.

Ante este cúmulo de facetas que aparecen involucradas en el problema de la calidad en construcción, procede preguntarse cuál es el factor cuya mejora acarrearía una mayor mejora en el conjunto, a igualdad de los restantes factores.

La respuesta a esta pregunta nos ha venido del campo de la seguridad estructural, a través de un programa de investigación llevado a cabo por el Instituto Federal de Tecnología de Zúrich, cuyo objetivo era identificar los elementos que intervenían en un concepto globalizado de la seguridad

CUADRO 11.— Problemas de GC y su relación con otras ciencias

Tipos de problemas de Garantía de Calidad	Ramras de la ciencia								
	Ordenadores	Teoría de Decisiones	Economía	Ciencias de la Educación	Ingeniería	Probabilidad-Estadística	Ciencias Jurídicas	Sociología	Psicología
Organización y gestión	x	x	x						x
Educación y entrenamiento técnico				x	x	x		x	
Información y documentación	x	x				x			
Inspección y control de calidad		x	x		x	x	x		x
Prevención y disminución de desastres		x	x	x	x	x		x	x
Mantenimiento y reparación		x	x		x	x			
Seguridad		x	x		x		x		x
Seguros	x		x			x			

(13). Se analizaron 800 fallos estructurales, llegándose a la conclusión de que el 25 % de estos casos (que totalizaron el 10 % de las pérdidas) podrían ser calificados de fallos inevitables, es decir, fallos derivados del conjunto de riesgos aceptados con que se cuenta de antemano en teoría de estructuras; mientras que el 75 % restante (que totalizaron el 90 % de las pérdidas) podían ser clasificados como riesgos residuales, es decir, derivados de la falta de fiabilidad humana. (Ver Cuadro 12).

Estos resultados son expresivos de la necesidad de crear estrategias frente a la falta de fiabilidad

CUADRO 12.— Clasificación de Riesgos

RIESGOS TOTALES	}	— EVITABLES (se eliminan mediante medidas adecuadas) → FIABILIDAD FORMAL		
		— INEVITABLES	} PERDIDAS REALES	
		{ NO SE PRESENTAN SI SE PRESENTAN 25 % 10 % CASOS PERDIDAS — RESIDUALES (fallo humano) 75 % 90 %		

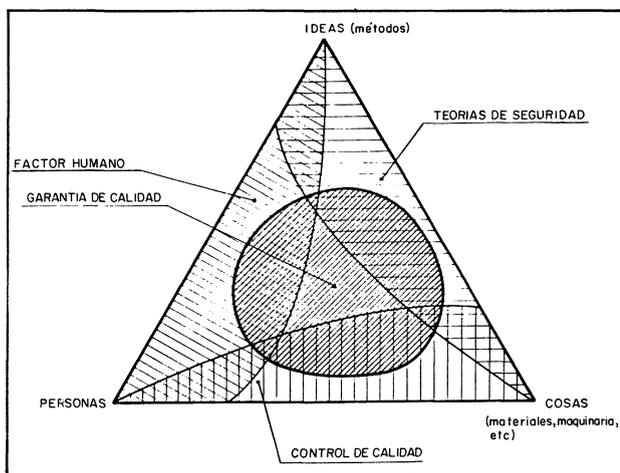


Fig. 4

humana, derivada de la ignorancia, el descuido, la negligencia, el exceso de confianza, la apatía, la codicia... La variable de Pareto de la calidad en construcción, cuya mejora acarrearía la mayor mejora del conjunto, es el factor humano.

El avance de conocimientos en las tres últimas décadas, en el campo de la fiabilidad estructural, ha seguido la trayectoria que esquemáticamente se indica en la figura 4. De unos primeros estudios concentrados en el área de las ideas, que han profundizado cada vez más en la seguridad nominal y que ha dado origen a métodos de cálculo tan fructíferos como la Teoría de los Estados Límites, se ha pasado a trabajar en el área de las cosas —donde todavía queda bastante por hacer— a la que pertenece fundamentalmente el control de calidad. Hoy día, es el área de las personas la que comienza a ocupar el centro de la atención y, por ello, cada vez se están dedicando más estudios en el campo de la construcción al factor humano.

En el centro del diagrama, prestando una atención equilibrada a sus tres vértices, se coloca el campo de estudio de la Garantía de Calidad. Llenarlo de contenido es tarea de todos.

5. El factor humano

Deseo advertir que, en lo sucesivo, empleo la voz **hombre** en su sentido genérico de ser humano, comprendiendo a la mujer y al varón. Para lo que aquí importa y en el estado actual de los conocimientos, no cabe hacer distinción entre ambos, aun cuando existen sin duda diferencias que sólo ahora se comienzan a estudiar en Psicología de las Organizaciones. Debe indicarse, no obstante, que la mayor parte de los estudios realizados hasta ahora, cuyas conclusiones exponemos, están referidos a trabajadores varones, quienes siguen siendo mayoría en el campo de la construcción. Sobre diferencias de comportamiento en función del sexo existe abundante bibliografía general y

queda aún mucho por explorar. Yo mismo me he ocupado del asunto, en su vertiente lingüística (14).

El hombre lleva a cabo su trabajo de forma fiable cuando, además de contar con los medios adecuados,

- posee la formación teórica y práctica necesaria, está adecuadamente entrenado y conoce las variables que influyen en su tarea;
- está suficientemente informado y bien integrado en el grupo;
- tiene interés en su trabajo.

Por consiguiente, la **formación**, la **comunicación** y la **motivación** son los componentes principales del factor humano en lo relativo a la calidad.

5.1. La formación

En lo que respecta a la formación, que incluye una capacitación inicial más un reciclaje permanente, la situación podría mejorarse actuando en diversos frentes. Por una parte, debería incluirse el Control de Calidad como materia específica de estudio en las carreras y oficios relacionados con la construcción. Por otra, debería estimularse desde la Administración, a través de beneficios fiscales o de otro tipo, el que las empresas dediquen parte de su tiempo y recursos a la formación permanente de su personal. El establecimiento de una calificación de oficios (análogamente a como sucede con el de soldador, único tipificado en construcción) contribuiría igualmente a elevar el nivel de formación y estímulo de los trabajadores.

En cuanto al aprendizaje en sí mismo, dentro de las organizaciones, hay algunas condiciones que lo facilitan y mejoran desde el punto de vista del sujeto que aprende. La primera es lo que los psicólogos industriales llaman «el refuerzo» y que responde a un hecho de sentido común: la conducta «reforzada», es decir, seguida de un estado satisfactorio tiende a repetirse; cuestión diferente es qué elementos actúan como reforzadores (no son los mismos para todos los sujetos; pueden ir desde unas palabras de felicitación y aliento hasta una recompensa de cualquier tipo) y cómo deben ser dosificados, ya que un excesivo refuerzo durante el aprendizaje conduce a un descenso del rendimiento y/o de la calidad en cuanto el refuerzo es eliminado. Otra condición que facilita el aprendizaje es la retroalimentación de los resultados: la calidad mejora en la medida en que el sujeto conoce los resultados de su conducta.

En fin, la formación podría ser consolidada y perfeccionada por medio de ejercicios sistemáticos, empleando técnicas de simulación y de entrenamiento. Estas técnicas, que se utilizan con éxito en áreas como la militar, la deportiva y la de tráfico aéreo, podrían aplicarse también en construcción, al menos en casos singulares.

5.2. La comunicación

La comunicación, es decir, el proceso mediante el cual se envían y se reciben mensajes es, probablemente, el aspecto que más claramente necesita mejorarse en las organizaciones, ya que muchas faltas de calidad tienen su origen en una comunicación defectuosa. En realidad casi nunca hay comunicaciones exactas, ya que entre emisor y receptor existe siempre «ruidos» que distorsionan el mensaje. De entrada, la percepción entre emisor y receptor rara vez es la misma. El mensaje puede no estar claro, llegar por un canal de transmisión erróneo (por ejemplo, una nota escrita en vez de una reunión cara a cara) o ser demasiado complicado. El receptor, por su parte, puede estar preocupado por otras cosas, oír tan sólo lo que espera oír o, simplemente, entender algo distinto.

Según Huse y Bowditch (15), hay tres variables principales que influyen en la comunicación: las características de la información que se transmite, la estructura del grupo por el cual circula la información y el efecto del clima general de la empresa.

Las características más significativas de la información son la **cantidad** (un exceso de información conduce a la sobrecarga y desemboca en errores, demoras o, simplemente, falta de percepción); la **forma** (lenguaje oral o escrito, signos o gestos, influencia del contexto); y, sobre todo, la **comprobación**, es decir, si se repite o no al emisor lo que se ha entendido de su mensaje. La comprobación conduce, obviamente, a procesos de comunicación más lentos pero, en contrapartida, mucho más seguros.

La estructura del grupo tiene un efecto marcado en la comunicación. Los grupos de tipo circular, en los que cada cual se comunica sólo con el vecino (recordemos el juego infantil de ir pasando un mensaje de uno a otro, en corro, y ver qué mensaje final llega al primero que habló) conducen a comunicaciones lentas y poco exactas. En los grupos de tipo lineal (cada cual se comunica con sus dos vecinos, en general en forma jerárquica) la comunicación es rápida y la exactitud buena, al igual que sucede con los grupos de tipo estrella, en los que el jefe se comunica con todos. A cambio, el estado de ánimo o moral del grupo suele ser mayor en el grupo circular que en el lineal y es bastante malo en el tipo estrella. En cuanto al papel del jefe, es excesivamente marcado en las configuraciones en estrella, relativamente marcado en las lineales y no existe en las circulares.

En fin, el clima general de la empresa tiene también su influencia, según se trate de un clima cooperante o amenazador, por citar sólo los dos extremos.

Un aspecto fundamental de la comunicación reside en el saber escuchar. Según Raukin, de la Universidad de Ohio, un 70 por 100 de nuestro día despierto consciente lo dedicamos a la comunicación y este tiempo se desglosa más o menos así:

- un 9 % lo dedicamos a escribir
- un 16 % lo dedicamos a leer
- un 30 % lo dedicamos a hablar
- un 45 % lo dedicamos a escuchar.

Sin embargo y desgraciadamente, en las escuelas se nos enseña a escribir, a leer y a hablar, pero no se nos enseña a escuchar. Para Nichols, de la Universidad de Minnesota (16), la consecuencia de esta falta de aprendizaje es que olvidamos justamente la mitad de lo que aprendemos en las primeras cuarenta y ocho horas después de haberlo aprendido; y que incurrimos a menudo en ciertos defectos, cuyo resumen aparece en el Cuadro 13. Estudios complementarios a los de Nichols, llevados a cabo en las Universidades de Florida, Michigan y Denver, parecen demostrar que, sin una formación sobre escucha, tendemos a operar al 25 por 100 de nivel de eficacia cuando escuchamos una conversación de diez minutos.

¿Cómo introducir mejoras en los procesos de comunicación? Sobre este asunto existe abundante bibliografía y experiencias en otras ramas industriales pero, lamentablemente, el mundo de la construcción se está incorporando con demasiada lentitud a un proceso que no trae más que bene-

CUADRO 13.— Defectos al Escuchar
(Filtros que deforman o anulan el mensaje del conferenciante)

por el Dr. Nichols

1.	Pensar que el tema carece de interés
2.	Críticar la forma de expresarse el orador
3.	Excitarse por algo de lo que se dice
4.	Captar los hechos y no las ideas
5.	Obsesionarse con hacer esquemas en un papel
6.	Simular atención al conferenciante
7.	Oír mal la voz y no remediarlo
8.	Estar habituado a escuchar sólo lo fácil
9.	Dejarse perturbar por las palabras cargadas de emoción
10.	MALGASTAR LA RAPIDEZ DEL PENSAMIENTO, APLICÁNDOLO A LA DISTRACCIÓN EN VEZ DE A LA RECAPITULACIÓN

CUADRO 14.— Logros alcanzados con los círculos de calidad

EMPRESA	PAÍS	LOGROS	CAUSA
Hughes Aircraft	USA	20.000 \$ de ahorro anual	Mejora en el proceso de pintura en el morro de un avión
		68.000 \$ de ahorro anual	Entrenamiento simplificado en ordenadores
Northrop	USA	37.000 \$ de ahorro anual	Reutilización de taladros reafilados. Ahorro de herramientas
Rolls-Royce	G. Bretaña	135.000 \$ de ahorro anual	Reducción de chatarras por nuevo sistema de soldaduras en la parte soldada del compresor
Lockheed	USA	1.000.000 \$ de ahorro anual	Mejor rendimiento al simplificar pedidos y disminuir el uso de formularios con proveedores
Honeywell	USA	Reducción del costo de una unidad de montaje de 10,40 a 4,31 \$	Reducción del tiempo de montaje de una unidad de control en un sistema electrónico
Volvo	Suecia	35 % de reducción del absentismo	Comparativamente entre miembros y no miembros de Círculos de Calidad
Danfoss A/S	Dinamarca	100.000 coronas de ahorro anual	Mejora de piezas en los sistemas de calefacción y refrigeración
Christiania Spergerverk AS	Noruega	50.000 \$ de ahorro anual	Mejoras en el suministro de rollos de alambre, evitando daños
AMP Inc.	USA	El rechazo baja del 15 % al 4 %	Piezas montadas en una unidad eran rechazadas por control de calidad
Westinghouse	USA	630.000 \$ de ahorro anual	Reducción de piezas de proveedores al mínimo imprescindible

Fuente: Referencia (17)

ficios para todos. Entre las técnicas más conocidas cabe mencionar la **tempestad de ideas** (todas valen, está prohibido hacer valoraciones en la reunión, todo se graba en cinta y se analiza después), el **psicodrama** (se «representa» una situación y los actores invierten sus papeles con respecto a la realidad), el **observador neutral** (asiste a la conversación-discusión entre dos partes y señala las malas interpretaciones que ha percibido), el **café con el jefe** (una vez a la semana, eligiendo por sorteo a los contertulios), etcétera. Mención aparte merecen los **círculos de calidad**, cuya estructura y funcionamiento requerirían otro artículo para ser descritos y que han reportado los beneficios que se indican en el Cuadro 14 a las empresas mencionadas, según sus propios testimonios.

5.3. La motivación

La motivación es, posiblemente, la característica más difícil de estudiar dentro del factor humano que venimos analizando. Saber por qué razones el

hombre se encuentra motivado para hacer su trabajo de forma esmerada y de qué manera deben introducirse modificaciones para mejorar la situación, son dos problemas que ocupan abundante espacio en la literatura especializada. Por otra parte, los psicólogos suelen estudiar la motivación en relación con el rendimiento, pero no en relación con la calidad; y sería ligero aplicar lo poco que se conoce de uno a otro caso. De cualquier modo, expondremos a continuación una síntesis de las ideas más importantes.

Hay que referirse, en primer lugar, a lo que algunos llaman el «contrato psicológico» entre el hombre y la organización. Con esta expresión se alude al hecho de que el individuo da a la organización en la medida en que percibe que lo que de ella recibe constituye un intercambio relativamente equitativo. Si el individuo considera que este intercambio es desigual en su contra, es decir, que él da más de lo que recibe, debe decidirse entre buscar otro puesto de trabajo fuera de la organi-

zación o permanecer en la misma, ajustando su nivel de entrega (en términos de rendimiento o de calidad) a lo que él piensa que es un intercambio justo.

Los componentes de la motivación están directamente ligados con las necesidades de los individuos, por lo que un problema previo —nada fácil, por cierto— consiste en relacionar y jerarquizar tales necesidades. Podría pensarse de una manera simplista que la motivación está fundamentalmente proporcionada por el estímulo económico, pero esta idea no resiste un segundo análisis. Incluso el concepto de recompensa, que es más amplio y engloba al anterior, resulta pobre por sí sólo para explicar las razones por las que alguien se siente motivado a trabajar bien. Y aun aceptando que la recompensa es una posibilidad, queda el problema de la frecuencia con que debe darse, es decir, si de forma permanente o variable. Skinner, por ejemplo, sostiene que un programa variable o aleatorio de recompensas da lugar a respuestas más constantes y duraderas que cualquier programa fijo o continuo. Por cierto que, para sus estudios, Skinner utilizó palomas adiestradas a dar con el pico en el blanco, siendo recompensadas unas veces sí y otras no. La pesca deportiva puede servir de ejemplo a favor de esta tesis, ya que en ella, a igualdad de esfuerzo, el hombre encuentra su recompensa unas veces y no la encuentra otras.

En cuanto a la jerarquización de las necesidades humanas, quizás las propuestas de Maslow primero y Alderfer después sean las más clásicas. Ambas tienen en común el disponerlas en escalones sucesivos, de forma tal que no se siente la necesidad de elevarse un escalón hasta que no se ha alcanzado la satisfacción en el inmediato anterior. Cabe entonces hablar de necesidades existenciales, de relación y de autorrealización. En el primer grupo estarían las de alimentación, vivienda, vestido, etc. En el segundo, la necesidad de sentirse aceptado por los demás (familia, amigos, compañeros de trabajo) y de ser apreciado por el grupo. En el tercero, en fin, se colocaría el deseo de tener confianza en uno mismo, de ser creador y productivo, es decir, de **crecer** como individuo.

Parece entonces que todo aquello que contribuya a satisfacer estas necesidades habrá de redundar en una mayor motivación y, consecuentemente, en una mayor calidad del trabajo. Dicho de otra manera, parece que podría prepararse un listado único de características tales que, según se den en mayor o menor medida, se obtendrá un mayor o menor rendimiento (o calidad) en el trabajo.

Sin embargo, los estudios de Herzberg apuntan a que no existe un listado único, sino dos (15). El primer listado, que podríamos llamar de condiciones mínimas, se refiere al **contexto** del trabajo y gobierna la baja productividad, en tanto que el

segundo listado, que sólo entra en juego si el primero resulta superado, se refiere al **contenido** del trabajo y gobierna la alta productividad. Ambos listados aparecen en el Cuadro 15.

La validez de las teorías de Herzberg está hoy siendo cuestionada, especialmente cuando se aplican al campo de la construcción. En particular, Borcharding cree que los dos listados de Herzberg actúan, en construcción, en la forma opuesta, es decir, gobernando el **contexto** la alta productividad y el **contenido** la baja. (18).

Pero hay otro factor que no aparece explícitamente mencionado por Herzberg y que, sin embargo, juega un papel importante en la motivación. Me refiero a la **participación**, que alude a la toma de decisiones por el grupo y no por una sola persona. La participación constituye un proceso evolutivo desde abajo hasta arriba (no puede imponerse desde el vértice) que está cobrando importancia creciente en casi todos los países occidentales. Acerca de la importancia de la participación podríamos recordar aquí que las nuevas generaciones no están nada inclinadas hacia ideales de productividad o rendimiento. Como dicen Luis Corrons et alia (19), «*no desean pagar el oneroso precio de la pérdida de la dignidad, la monotonía de un trabajo embrutecedor, los sufrimientos originados por la deshumanización y sus tensiones consiguientes, a cambio de los salarios más elevados de la historia. Su idea del triunfo gira alrededor de la autorrealización y de estilos de vida más humanizados*».

Con lo dicho hasta aquí sobre el factor humano he pretendido interesar acerca de la importancia que los factores psicológicos tienen en la calidad. El asunto es extraordinariamente complejo, como todo lo que atañe directamente al hombre. Una amplia rama de la Psicología (antes llamada Psicología de la Industria y ahora, de modo más amplio, Psicología de las Organizaciones), está consagrada a este tipo de estudios y de ella debemos

CUADRO 15.— Factores de productividad, según Herzberg

Reducen la productividad	Aumentan la productividad
Mala política y administración de la empresa	Exito personal
Poca competencia de los jefes	Reconocimiento de los demás
Muy poco trabajo	Trabajo estimulante
Malas condiciones de trabajo	Responsabilidad otorgada
Escasa remuneración	Posibilidad de promoción

beneficiarnos los técnicos de la construcción. Incluso existen hoy especialidades en los Estados Unidos, tales como la Psicología de la Ingeniería, que han formado su propia división dentro de la American Psychological Association (20).

Para los amantes de las fórmulas matemáticas y como final festivo no exento de seriedad, trasladaré aquí (21) el modo en que el Dr. Blaut de Munich, coautor del trabajo referenciado en (7), nos expresaba su opinión en una de nuestras reuniones. Para él, la calidad en construcción puede expresarse como el producto de tres factores principales:

$$\text{Calidad} = K.C.I^n P^n$$

donde:

K es una constante,

C son las cosas (materiales, equipos, etc.),

I son las ideas (teorías, cálculos, etc.),

P son las personas, y

n es un exponente que puede adoptar cualquier valor, positivo o negativo, dependiendo de la actitud y del comportamiento humanos.

6. Resumen

Para tratar el problema de la calidad en construcción es necesario contemplar simultáneamente todo el proceso, desde la promoción hasta el uso y la demolición, pasando por el proyecto, los materiales y la ejecución. Es necesario igualmente contemplar a todos los sujetos que actúan o influyen en el hecho constructivo. Entre los requisitos básicos que deben reunir las construcciones no debe olvidarse el de adecuación ambiental. Los diversos modos de control existentes sirven de índice para reflejar el nivel de calidad alcanzado por las distintas fases del proceso y permiten comparar la situación entre países. El concepto de garantía de calidad, más amplio que los de fiabilidad estructural y control de calidad, es una herramienta adecuada para progresar en los conocimientos y las aplicaciones. El factor humano como componente fundamental del problema requiere el traslado, al campo de la construcción, de conocimientos pertenecientes a otras áreas científicas y, en particular, a las ciencias humanas.

Referencias

- (1) «Papel y contribución del sector de la construcción en el desarrollo económico».—Comité de la Vivienda, de la Construcción y de la Planificación. Comisión Económica para Europa.—Ginebra, septiembre 1982.
- (2) «Análisis de la situación actual del control de calidad de la construcción en España».—Comité de Construcción de la Asociación Española para el Control de la Calidad.—Madrid, julio 1971.
- (3) «Recomendaciones de actuación para mejorar la calidad de la construcción en España».—Comité de Construcción de la Asociación Española para el Control de la Calidad.—Madrid, junio 1973.
- (4) «La calidad de la construcción en España, 1983».—Comité de Construcción de la Asociación Española para el Control de la Calidad.—Madrid, mayo 1983.
- (5) «Actuaciones para mejorar la seguridad y calidad de los edificios» por Alvaro García Meseguer.—Revista Informes de la Construcción número 317, Madrid, enero 1980.
- (6) «Planning for Quality» por B. Hillemeier. Nota introductoria al IABSE Workshop on Quality Assurance within the Building Process. Rigi (Suiza), junio 1983.
- (7) «Report on Quality Control and Quality Assurance for concrete structures» por Grupo de Trabajo I/1 del Comité Euro-Internacional del Hormigón (CEB) bajo la presidencia de A.G. Meseguer.—Boletín número 157 del CEB, marzo 1983.
- (8) «General Principles of Safety Differentiation».—Subcommittee «Assessment of structural safety» del Joint Committee on Structural Safety.—Delft, marzo 1982.
- (9) «Safety checking formats for limit states design» por Bruce Ellingwood.—Journal of the Structural Division (ASCE) volumen 108 número S17, julio 1982.
- (10) «General Principles on Quality Assurance for Structures».—Joint Committee on Structural Safety.—Publicado por IABSE, Zürich, 1981.
- (11) «Quality Assurance, a paper tiger? por Walter Bosshard. Nota introductoria al IABSE Workshop on Quality Assurance within the Building Process. Rigi (Suiza), junio 1983.
- (12) «Quality Assurance and Reliability of Concrete Structures» por J. Ferry Borges. Boletín de Información número 147 del CEB, París, febrero 1982.
- (13) «Structural Safety».—Informe presentado por J. Schneider y M. Matousek al JCSS en mayo 1979.
- (14) «Lenguaje y discriminación sexual» por A. G. Meseguer.—Editorial Cuadernos para el Diálogo, Madrid 1977. Nueva edición en prensa (Editorial Montesinos).
- (15) «El comportamiento humano en la organización» por E. F. Huse y J. L. Bowditch.—Ediciones Deusto, Bilbao 1976.
- (16) «Saber escuchar es importante» por el Dr. Nichols. Boletín de Información Técnica de Dragados y Construcciones, n.º 10, agosto 1981.
- (17) «Círculos de calidad» por José R. Rodríguez de Rivera. Conferencia pronunciada el 23 de noviembre de 1982 en la Cámara Oficial de Comercio e Industria de Madrid.
- (18) «Motivating Construction Workers» por A. Laufer y G. D. Jenkins.—Journal of the Construction Division, de la ASCE. Vol. 108, núm. CO4, diciembre 1982. (Contiene 37 referencias bibliográficas).
- (19) «El factor humano en la producción» por Luis Corrons, José María Ruiz y Jesús Alonso. Ediciones Deusto, Bilbao 1979.
- (20) «Psicología de la industria y de las organizaciones» por A. K. Korman. Ediciones Marova, Madrid, 1978.
- (21) «The human factor in construction quality» por Alvaro G. Meseguer.—Revista QUALITY de la European Organisation for Quality Control, volumen XXVI número 5, Berna, 1982.

* * *