

Innovación tecnológica y rediseño de espacios de trabajo: análisis cualitativo de una sala de control automatizado de procesos

Gladys Rolo y Dolores Díaz-Cabrera
Universidad de La Laguna.

RESUMEN

La introducción de la tecnología informática en la industria ha modificado paulatinamente los procesos de fabricación y, como consecuencia, la relación de los trabajadores con las máquinas y, en general, con todo el proceso de producción. En el *control de procesos continuos* es donde, quizá, se pueda observar con mayor claridad los profundos cambios introducidos en la producción industrial por la automatización y la innovación tecnológica. La automatización de los procesos implica cambios significativos en las características del puesto y de las tareas, así como, también, un fuerte impacto sobre el ambiente físico y la distribución del lugar de trabajo. El objetivo principal de este estudio consistió en evaluar las características de la tarea y de las condiciones ambientales, del puesto de operador de panel de una empresa de refino de petróleo, después de la implantación de un sistema automatizado de control de procesos. Se realizó un análisis cualitativo de la información recogida a partir de una entrevista estructurada, de la observación sistemática y de la lectura de documentos de la empresa. Los resultados obtenidos muestran que se produjeron profundos cambios en las características de las tareas, en las características generales del puesto, en el espacio de trabajo y en los factores físico-ambientales, así como en la comunicación y la interacción social de los operadores de panel analizados, tras la implantación del nuevo sistema técnico.

PALABRAS CLAVE: innovación tecnológica; rediseño de espacios; control de procesos; análisis cualitativo.

Technological Innovation and Spaces Redesign: Qualitative Analysis of a Automatized Control Room of Processes

ABSTRACT

The introduction of information technology into industry has gradually modified production processes and, as a consequence, relations between worker and machine. Is in continuous process control where, perhaps, one can more clearly observe the profound changes introduced into industrial production by automatization and technological innovation. The automatization of these processes implies significant changes in both job characteristics and task specifications. There has also been a substantial impact on physical environment, and work-place design. The principal objective of this study is to evaluate the job characteristic and the environmental conditions of a panel operators job in an oil-refinery, following the introduction of an automatized system of process control. A qualitative analysis of information was made, comprising a structured interview, a systematic observation of the tasks and an examination of operators' manual. The results obtained show significant changes on the one hand, in task specifications, in the general characteristics of the job, in the work-place design, in environmental conditions; and on the other hand, in social interaction and communication between operators as a consequence of implementation of the new system.

KEY WORDS: Innovation technology; spaces redesign; process control; qualitative analysis.

Los cambios tecnológicos han ejercido una profunda influencia en diversos ámbitos de la realidad social. En particular, la aparición de las nuevas tecnologías ha tenido una especial incidencia en el mundo del trabajo y de las organizaciones. Son ampliamente reconocidas las repercusiones de la incorporación de las innovaciones, a la hora de asegurar la competitividad y supervivencia de las mismas empresas. Todo proceso de innovación tecnológica plantea, sin embargo, una serie de problemas asociados a los procedimientos utilizados a la hora de determinar los objetivos, las condiciones, los patrones temporales y las formas específicas de ejecución del cambio.

Desde los años 70, la integración de la tecnología informática en la industria ha modificado paulatinamente los procesos de fabricación y, como consecuencia, la relación de los trabajadores con las máquinas, los sistemas automatizados y, en general, con todo el proceso de producción. En concreto, los avances tecnológicos de estas últimas décadas en campos como el desarrollo de semiconductores y la digitalización han facilitado la integración de ordenadores y comunicaciones en sistemas globales, a partir de los que surgen importantes posibilidades de cambio y simplificación organizacional (Zornoza, Prieto y Solanes, 1997).

El objetivo principal de este estudio es la evaluación de las características de la tarea y de las condiciones ambientales, realizadas en el puesto de operadores de panel de una empresa de refino de petróleo, después de la implantación de sistemas automatizados de control de procesos.

Probablemente, es en el *control de procesos continuos* donde se pueda observar con mayor claridad los profundos cambios introducidos en la producción industrial por la automatización y la innovación tecnológica. El *control de procesos continuos* consiste, a grandes rasgos, en la vigilancia de un proceso de producción (p.e., refino de petróleo), en parte automatizado y generalmente de tipo continuo, y en la realización de los ajustes, correcciones y solución de las perturbaciones o errores que ocurran (Bainbridge, 1979; Rasmussen, 1986; Sheridan, 1987).

Como señala Wickens (1984), el control de procesos no es un sinónimo de automatización pero, debido a la enorme complejidad de los procesos implicados, a la peligrosidad de los ambientes de trabajo y a la utilización frecuente de materiales tóxicos, ha sido uno de los campos donde resulta más aconsejable la automatización de los procesos de trabajo, aunque este nivel de producción implique, en alguna medida, el mantenimiento del control manual.

Así, la automatización persigue eliminar o minimizar la intervención humana directa sobre el proceso de producción, con el fin de, entre otros aspectos, de evitar ciertas manipulaciones complejas y peligrosas. De manera específica, la automatización de los procesos de control hace referencia al procesamiento de datos, el sistema de comunicación y los sistemas de información referida tanto al control estratégico, como al táctico y al operacional (Koopman y Algera, 1998). Desde esta

perspectiva, el control de procesos continuos constituye uno de los ámbitos donde se puede observar con mayor claridad los profundos cambios en la conducta organizacional relacionados con la incorporación de las nuevas tecnologías de la información.

Como señala Eason (1988) la introducción de esas nuevas tecnologías de la información producen cambios en la estructura de los puestos, así como en distintos aspectos organizacionales. Concretamente, sus efectos sobre el individuo serán dobles. Por una parte, cuando la carga de trabajo del puesto continúa siendo semejante tras la innovación tecnológica, el operador tendrá que realizar menos tareas. Y, por otra parte, la naturaleza del trabajo cambia de la manipulación directa de las materias primas por parte del trabajador hacia un rol más indirecto, guiando y controlando la máquina que es, ahora, la encargada de actuar directamente sobre las materias primas.

Estos cambios han llevado a plantear dos puntos de vista completamente opuestos acerca del impacto de las tecnologías de la información. Uno de ellos es la “hipótesis de la descualificación”, que plantea que los sistemas computerizados, disminuye el trabajo de las personas, eliminando, a la vez, la oportunidad de usar sus destrezas y llevándoles a realizar funciones cada vez más rutinarias y monótonas. El segundo punto de vista hace referencia a la “hipótesis del enriquecimiento”, según la cual los sistemas automatizados toman los aspectos rutinarios del trabajo y dejan a las personas el trabajo creativo y el poder de utilizar la tecnología como una herramienta de ayuda y apoyo. Ambas hipótesis han encontrado evidencia empírica a favor y en contra, convirtiéndose en una polémica irresoluble (Eason, 1988).

En este sentido, como señalan Koopman y Algera (1998), las mejoras en la calidad de vida en el trabajo producidas por la introducción de sistemas tecnológicos avanzados, ponen el énfasis en aspectos muy diversos como, por ejemplo, las condiciones físicas del trabajo, el contenido de las tareas y la participación de los trabajadores en la toma de decisiones en la organización. Por tanto, la automatización puede tener tanto efectos positivos (por ejemplo, la reducción del trabajo “sucio” y peligroso gracias al control remoto) como efectos negativos (por ejemplo, el rutinizar los procesos reduciendo la toma de decisiones de los equipos de trabajo). En gran medida, los efectos positivos y/o negativos de la introducción de sistemas tecnológicos avanzados sobre la

organización, los puestos y los trabajadores dependerá de la utilización o no de un modelo de innovación tecnológico congruente y acorde con múltiples factores de naturaleza social, económica, organizacional y/o cultural, tal como indican diversos autores (Andriessen, 1994; Blackler y Brown, 1986; King, 1992).

La automatización de los procesos implica cambios significativos en distintos ámbitos de las organizaciones productivas. Uno de los cambios más relevantes es la regulación de los procesos desde una sala de control en la que se centraliza la producción de todas las unidades. Esta innovación tecnológica ha tenido un fuerte impacto sobre el ambiente físico y la distribución del lugar de trabajo.

La atención hacia los fenómenos y factores físico-ambientales está presente en la raíz del estudio psicosocial del comportamiento en las organizaciones. Desde los trabajos de F. Herzberg sobre motivación laboral (Herzberg, 1966), múltiples estudios han mostrado que las características objetivas del ambiente físico influyen sobre variables como la satisfacción, la motivación y el rendimiento de los trabajadores. Sin embargo, a pesar del énfasis en la idea de interacción dinámica como principio explicativo fundamental que caracteriza tanto a perspectivas teóricas -p.e., la orientación sociotécnica-, como a campos de intervención -p.e., la ergonomía-, el hecho es que gran parte de las investigaciones desarrolladas sobre el espacio físico de trabajo no han superado el marco del determinismo ambiental y tecnológico.

El análisis habitual en este tipo de estudios plantea el efecto de uno o dos elementos de diseño del espacio sobre una medida de resultados, ya sea de rendimiento o de satisfacción. En cualquier caso, desde un punto de vista interventivo, la relación entre las condiciones ambientales y las respuestas evaluativas y conductuales del usuario va más allá de la identificación de vínculos directos o simples, en tanto resulta imprescindible contar con información sobre la interrelación de los factores ambientales del entorno de trabajo, descrito y delimitado desde una visión holista (O'Neill, 1994).

Distintas clasificaciones han sido planteadas a la hora de agrupar los factores ambientales que influyen en la conducta laboral, en un intento de avanzar hacia una descripción más general de las interrelaciones que definen los entornos de trabajo (p.e., Sundstrom, 1987; Ornstein, 1990; Rodríguez, Arce y Sabucedo, 1997; Íñiguez y Vivas, 1998). Comparten

todas ellas, no obstante, criterios clasificatorios muy semejantes, en tanto que tienden a utilizar como punto de partida las dimensiones o factores elementales que han sido estudiados, previamente, de forma independiente; a saber, condiciones físico-ambientales como la iluminación, el ruido o la temperatura, y factores de nivel interpersonal como el hacinamiento o la territorialidad. Se enfatiza, así, los aspectos temáticos o de contenido, en detrimento de otras propuestas. Una alternativa a estos planteamientos se ha buscado en el análisis funcional de los espacios (Fischer, 1994).

Centrados en el análisis de la salud, Evans y Mitchell-MacCoy (1998) identifican cinco funciones o propiedades psicológicas de los edificios y sus elementos de diseño, asociadas tanto con el estrés como con las posibles pautas de afrontamiento al mismo. Así, el diseño de espacios puede describirse atendiendo al nivel de estimulación y coherencia de sus elementos, la funcionalidad, la posibilidad de control conductual y la cualidad reparadora de características arquitectónicas tales como la novedad, la complejidad de los elementos, la presencia de vistas al exterior o el grado de hacinamiento o de privacidad.

Sin embargo, a pesar de que acercamientos de este tipo permiten afrontar el análisis desde la necesaria perspectiva holista, aún pocos trabajos han avanzado empíricamente en la descripción de la naturaleza de las relaciones entre las variables estudiadas. Una de las aportaciones más relevantes desde esta línea supone la distinción entre procesos de mediación y moderación, a la hora de describir las interacciones entre variables del ambiente y el comportamiento (Evans, Johansson y Carrere, 1994; Evans y Lepore, 1997).

Esquemáticamente, el proceso de moderación supone que la concurrencia de dos variables, independientes entre sí, va a influir sobre una tercera, ya sea como un efecto de amplificación, de atenuación, de interacción o de constante. Por el contrario, el proceso de mediación implica una interdependencia entre el factor predictor y el mediador, de forma que la variable independiente influye sobre la mediadora que, a su vez, determina –total o parcialmente– a la variable dependiente (Evans y Lepore, 1997).

A partir de la consideración de la dimensión psicosocial y la dimensión física de los ambientes de trabajo, Evans, Johansson y Carrere (1994) elaboraron una taxonomía de características que pueden influir, en cierta

medida, sobre la salud de los trabajadores. Como factores psicosociales significativos señalan cuatro tipos de componentes: 1) *estructurales* (mercado de trabajo y estatus ocupacional; 2) *organizacionales* (p.e., estructura jerárquica, claridad de normas y reglas o conflicto de roles); 3) *interpersonales* (estilo de liderazgo, relaciones sociales, etc.); y 4) *características de las tareas* (p.e., sobrecarga mental, control de decisiones, dependencia tecnológica o monotonía). Con relación a la dimensión física, diferencian entre 1) *factores ambientales* (calidad del aire, ruido, temperatura, vibraciones, etc.); 2) *elementos del diseño arquitectónico* (iluminación, color, grado de modificación espacial, legibilidad, etc.); 3) *factores ergonómicos* (p.e., diseño de equipos, automatización, seguridad); y 4) *disposición espacial* (proxemia, patrones de movimiento, límites, etc.).

Tal y como señalan Evans *et al.* (1994), estas variables actúan igualmente como moderadores y como mediadores, en relación con la salud laboral. Es decir, las variables psicosociales moderan o mediatizan tanto a factores físicos como a otros factores psicosociales, de la misma manera que las variables de naturaleza física influyen, mediando o moderando, sobre los factores psicosociales o sobre otros aspectos del ambiente físico.

Los cambios en el ambiente físico de trabajo están significativamente relacionados con las actitudes y percepciones de los trabajadores hacia su puesto (p.e. Carlopio y Gardner, 1992; Duvall-Early y Benedict, 1992; Walbe-Orstein, 1999). Varias investigaciones indican que los operadores de sistemas automatizados pueden experimentar problemas físicos y psicológicos cuando el diseño del ambiente físico es inadecuado (Czaja, 1987). De ahí la importancia de contar con una planificación y un diseño del espacio físico de trabajo adecuados cuando se realizan cambios o innovaciones tecnológicas.

Con respecto a la influencia de los sistemas automatizados, desde un nivel de análisis individual, se producen pocos efectos generales, al menos a corto plazo, sin que se disponga de suficientes datos para juzgar los impactos a largo plazo. Parece que los mayores riesgos en el trabajo con ordenadores son de naturaleza física (cuello, espalda y brazos) resultantes de posturas estáticas y por la mayor restricción de movilidad y, en cierto grado, problemas visuales y dolores de cabeza. Estos problemas podrían evitarse limitando el tiempo de trabajo con

ordenadores, haciendo un mejor uso del mobiliario, incluyendo tareas que requieran movilidad, etc. (Roe, 1989).

En el nivel de análisis interpersonal, la comunicación y la interacción social entre los miembros de la organización son los aspectos que suelen sufrir mayores cambios como consecuencia de la automatización. En este sentido, la automatización puede producir tanto la centralización de las operaciones como su aislamiento, influyendo en el grado de interdependencia entre los miembros, en las oportunidades de interacción formal e informal, y, finalmente, en el tipo y número de grupos de trabajo (McIlvaine-Parsons, 1985). Pero no todos los sistemas automatizados afectan de igual forma a la interacción social. Algunas aplicaciones restringen necesariamente las interacciones sociales. En sistemas automatizados a gran escala, que sitúan a los operadores en relativo aislamiento, las aplicaciones con altas demandas de vigilancia y control, y aquellas en las que cada trabajador debe operar varios equipos simultáneamente, limitan la cantidad de contacto social posible. Por el contrario, otras aplicaciones, especialmente aquellas utilizadas en la producción a pequeña escala y que requieren intervenciones humanas frecuentes, pueden demandar un mayor contacto con un amplio rango de personal a todos los niveles (Wall y Davids, 1992).

Una planificación óptima del cambio tecnológico implica tomar en cuenta, de forma conjunta, factores organizacionales, motivacionales, funcionales, técnicos y de comunicación. Si el ambiente físico brinda apoyo a los individuos, a sus tareas y equipos habrá más posibilidades de éxito de la innovación tecnológica (Parsons, 1983; Kaplan, 1982).

Este estudio se ha centrado en el análisis y evaluación de los cambios ocurridos en el puesto de operador de panel de una empresa de refino de petróleo con una tecnología altamente automatizada. El objetivo es analizar la evaluación que realizan los trabajadores de una sala de control, tras los cambios producidos en su entorno de trabajo, como consecuencia de la introducción de un sistema automatizado de control de procesos.

Método

Descripción de la organización.

La unidad estudiada forma parte de una empresa de refino de petróleo de ámbito nacional que constituye uno de los primeros grupos industriales del país. Las instalaciones de refino de petróleo fueron inauguradas en 1930. En el momento en que se realizó el estudio la empresa contaba con 507 empleados. A partir del año 1985, la compañía analizada siguió un plan de modernización que permitió el cambio de instrumentación neumática tradicional, por una instrumentación electrónica, analógica y digital.

Este cambio se caracterizó por la introducción de una tecnología de control automatizado de procesos, cuya nueva instrumentación se condensa fundamentalmente en dos sistemas tecnológicos altamente automatizados, el “Control Digital Distribuido” (TDC 3.000) que controla el sistema de producción y logística de la refinería, complementado con el “Sistema de Control Avanzado” (ACS) que hace posible la optimización en continuo de todos los procesos.

Siguiendo la clasificación de cuatro niveles de automatización presentada por Butera (1984), el sistema tecnológico de la refinería puede adscribirse al nivel de “automatización parcial” o “automatización Tipo 4”, caracterizado por la automatización notable de algunos procesos y la integración de las unidades basada en sistemas de información automatizados, pero la incertidumbre a la entrada y a la salida es alta, al igual que la cuota de trabajo manual que se mantiene en la unidad.

Procedimiento e instrumento

En el estudio hemos desarrollado la metodología empleada en estudios de caso, en la misma línea que los estudios realizados en el contexto de la evaluación organizacional, entre otros autores, por Butera (1984), Ekkers (1984) o Makó (1984). La recogida de información se realizó mediante tres procedimientos: (1) lectura y análisis de documentos de la empresa (descripciones de puestos/tareas, clasificaciones de puestos, convenios colectivos); (2) observación sistemática; (3) entrevista con operadores de panel, jefes de turno, ayudantes y jefes de área, así como también, con técnicos superiores de la empresa.

Específicamente, con el objeto de recoger información sobre la percepción de los trabajadores sobre las condiciones tecnológicas, ergonómicas y ambientales de su entorno de trabajo, elaboramos una entrevista estructurada, en la que se recogían diversos aspectos referidos al puesto analizado, englobados en los siguientes indicadores: (a) características técnicas del puesto; (b) actividades realizadas y contenido de las tareas; (c) características del puesto (autonomía, toma de decisión y supervisión); (d) movilidad física; (e) factores físico-ambientales (iluminación, ruido, temperatura, ventilación); (f) tamaño y espacio personal; (g) aspectos de seguridad; (h) carga de trabajo; (i) comunicación e interacción social.

La selección de estos indicadores se realizó a partir de la clasificación de Butera (1984), Ornstein (1990) y Sundstrom (1987), centrándonos principalmente en los niveles de análisis individual e interpersonal.

Las respuestas dadas por los sujetos a las preguntas de la entrevista se puntuaban en escalas de respuesta tipo Likert de 1 a 5. Concretamente, se utilizaron escalas sobre grado de acuerdo, frecuencia o cantidad. No obstante, en tres preguntas de la entrevista, referidas a determinados aspectos tecnológicos, se contestaba a partir de la elección de pares de adjetivos (p.e., cómodo-incómodo; fácil-difícil; simple-complejo; etc.).

Sujetos

El puesto de trabajo seleccionado para la recogida de información es el de Panelista u Operador de Panel, debido a que es, con certeza, el puesto de trabajo de la empresa que ha sufrido mayores transformaciones después de la implantación de los sistemas automatizados de control de procesos.

Se entrevistó a todos los miembros del panel de destilación, específicamente: los 6 panelistas, los 6 jefes de turno, el jefe de área, el ayudante del jefe de área y el jefe de fábrica del citado panel, cada uno de los cuales en algún momento, antes y/o después de la introducción del sistema de control automatizado de procesos, habían desempeñado el puesto de panelista.

Resultados

La información recogida nos ha permitido elaborar una descripción de las funciones y tareas del puesto de panelista, así como de las características ergonómicas y ambientales del puesto, a partir de la cual hemos evaluado los principales cambios producidos con la innovación tecnológica en las dimensiones señaladas anteriormente.

Con el objeto de una mayor claridad expositiva, agruparemos la información en los siguientes apartados: (1) características técnicas del puesto, (2) actividades y tareas realizadas en el puesto, (3) características generales del puesto, (4) carga de trabajo, (5) interacción persona-ambiente, (6) aspectos de seguridad, y (7) comunicación e interacción social. Asimismo, las descripciones se realizarán en referencia a cada uno de los períodos analizados, con la tecnología tradicional y con el control automatizado de procesos.

1. Características técnicas del puesto.

a) Tecnología tradicional:

El control de cada planta o unidad de producción se realizaba en el campo, en la zona donde se encontraban situados los hornos, tanques, tuberías, etc. Cada una de estas salas de control contaba con un cuadro de tipo panorámico con instrumentación neumática. La localización espacial de los instrumentos en el cuadro no respetaba una correspondencia secuencial con las diferentes fases del proceso, lo que obligaba al operador de panel a recorrer, con frecuencia, la sala del panel observando aquellos indicadores que guardaran relación con cada una de las fases del proceso (ver Tabla 1).

Los indicadores del cuadro estaban clasificados en:

1. Indicadores cuantitativos que, a su vez, comprendían:

a) Indicadores analógicos (indicación del valor real de la variable medida, se utilizaban, fundamentalmente, para medir caudal y volumen).

b) Indicadores digitales (mostraban diferentes temperaturas, individualmente y de forma cíclica bajo requerimientos del operador).

c) Indicadores de nivel (constaban de una escala y un nivel de cristal, dentro del cual fluctuaba el líquido).

2. Indicadores representacionales, específicamente se trataba de representaciones gráficas. Constaban de una escala numérica que indicaba, mediante dos pequeñas plumillas, el *setpoint* y el valor real de la variable.

Tabla 1. Diferencias técnicas del puesto antes y después de la introducción de la tecnología de control de procesos.

Características Técnicas	Tecnología Tradicional	Control Automatizado De procesos
Tipo de instrumentación	Neumática	Electrónica, analógica y digital
Formas de presentación y control	Indicadores visuales y mandos manuales	Pantallas de ordenador y teclado
Posiciones que pueden adoptar los mandos o controles	Automático, manual y en cascada	Automático, manual, en cascada y en computador
Número de unidades de producción a controlar *	Una unidad	Cuatro unidades
Sala de control	Sala de control en el campo	Sala de control centralizada, fuera de las unidades de producción

* Unidades o plantas de producción comprendidas en cada uno de los paneles

Los mandos del cuadro antiguo, eran manuales y de ajuste continuo. Por medio de estos controles se cambiaba el accionamiento de las válvulas, pudiendo adoptar tres posiciones:

1. **Accionamiento automático**, consiste en que el panelista introduce el *setpoint* (valor óptimo que debe alcanzar la variable), realizándose un contraste automático entre el valor fijado por el panelista y la entrada alternativa de aire a la válvula.
2. **Accionamiento manual**, mediante el mando se mueve manualmente la válvula hasta alcanzar el nivel de apertura deseado.
3. **Accionamiento en cascada**, este sistema permite el enlace entre dos válvulas (o dos mecanismos distintos), por ejemplo, una válvula de entrada y una válvula de salida de una torre. Consiste en fijar el *setpoint* en un control llamado primario (p.e. la temperatura máxima del producto a la salida del

horno), que actúa a su vez sobre otra variable (p.e. la presión del producto a su salida del horno) determinando el porcentaje de apertura de la válvula de salida, llamado control secundario.

b) Control automatizado de procesos:

La introducción de una instrumentación de tipo electrónico, analógico y digital implicó una serie de cambios en el puesto de operador de panel. Actualmente, el área de Producción de la Refinería se divide en tres grandes subáreas: Destilación, Catálisis y Servicios Auxiliares, cada una de las cuales comprende cuatro unidades o plantas. Cada una de estas subáreas es vigilada y controlada por un panelista desde el panel correspondiente (panel de destilación, panel de catálisis y panel de servicios auxiliares). Todos los paneles están localizados en una sala de control confortable y de grandes dimensiones, alejada de las distintas unidades o plantas de producción.

En cuanto a la forma de presentación y control de la información, se trata de una presentación cromática a través de pantallas de ordenador, y los cambios o ajustes se realizan mediante un teclado.

Como se planteó anteriormente, la innovación tecnológica consistió principalmente en la implantación de dos sistemas de control automatizado de procesos:

1. El Control Digital Distribuido (TDC) permite presentar en pantalla grupos de ocho variables relacionadas. Estos grupos de variables pueden agruparse en: (a) **grupos operativos** (gráficos de barras en los que aparecen los valores reales y los setpoint de cada una de las variables del proceso; así como, el porcentaje de apertura de la válvula que le corresponda); (b) **grupos de tendencia** (gráficos en los que se indican las fluctuaciones de cada variable, a lo largo de un período de 24 horas, en función de los valores establecidos); y, (c) **grupos de alarmas** (presentación en pantalla de los fallos que surgen a lo largo del proceso, indicando el grupo operativo donde está situada la variable y el nombre de la misma; acompañada por una señal acústica y por una luz destellante en la tecla correspondiente del teclado).

A través del TDC la retroalimentación del proceso es inmediata, mientras que con la tecnología tradicional era demorada.

El panelista controla los procesos de las cuatro unidades correspondientes, observando las condiciones del proceso, los valores de las distintas variables, la tendencia que han seguido las variables durante diferentes períodos de tiempo, la detección de los fallos que se produzcan durante el proceso mediante los grupos de alarmas, así como los accionamientos oportunos de los mandos.

2. El Sistema de Control Avanzado (ACS) comprende un conjunto de aplicaciones, elaboradas a través de programas informáticos complejos, que realizan automáticamente las tareas más rutinarias del control de procesos aligerando el trabajo del panelista.

El ACS está conectado con el TDC, del cual toma las lecturas correspondientes a cada variable. El trabajo conjunto de ambos ordenadores permite abarcar en toda su extensión los procesos de producción de las cuatro unidades, controlando las interconexiones existentes entre ellas.

Cada una de las aplicaciones del ACS consiste en una estrategia de control correspondiente a una parte del proceso, que engloba varias cascadas o “lazos” (conexión automática de varios indicadores y controles, que regulan su funcionamiento mutuamente). Estas aplicaciones corresponden a una nueva forma de accionamiento de los controles (ver Tabla 1), denominado “accionamiento en computador”, consistente en que el ordenador realiza una lectura de todas las variables comprendidas en la aplicación y, automáticamente hace los ajustes necesarios en cada una de ellas.

Cuando una aplicación del ACS está en funcionamiento, a través de la pantalla del ordenador, el panelista puede ir observando, en un diagrama esquemático del proceso de producción de la unidad, los cambios que se van produciendo en las variables, pudiendo intervenir para cambiar los setpoint, así como, para romper las cascadas establecidas. Esta última modificación puede hacerse también desde el TDC, dejando fuera de servicio la aplicación del ACS.

Generalmente en situaciones de emergencia los panelistas realizan el control de todos los procesos y la resolución de los errores o fallos a través del TDC, dejando fuera de servicio las aplicaciones del ACS. La principal razón es que el TDC permite una intervención más rápida y directa sobre las variables de todas las unidades, facilitando la vigilancia

y correcciones necesarias para solucionar los problemas surgidos y estabilizar el proceso nuevamente.

2. Actividades realizadas y contenido del puesto.

a) Tecnología tradicional:

Como se observa en la Tabla 2, las tareas del operador de panel del cuadro antiguo consistían en vigilar y controlar los múltiples indicadores y mandos del panel, realizando los ajustes necesarios para garantizar un funcionamiento óptimo de la unidad.

Asimismo, los panelistas anotaban aproximadamente cada dos horas, las lecturas tomadas de los diferentes instrumentos del cuadro y las incidencias ocurridas a lo largo de la jornada de trabajo. Por otra parte, el operador recibía una escasa retroalimentación, y ésta se sucedía lentamente, en ocasiones había que esperar a que el supervisor o alguno de los operadores de campo se acercaran al cuadro de control para informarle de los cambios ocurridos.

La labor del operador de panel consistía en vigilar, controlar, ajustar y mantener el proceso de producción, siguiendo siempre las órdenes del perito de la unidad.

b) Control automatizado de procesos:

En general, podemos decir que las tareas realizadas en el puesto de panelista siguen siendo las mismas que antes de implantar las nuevas tecnologías (ver Tabla 2). En cambio, la complejidad de las tareas ha aumentado debido a que ahora, cada panelista debe vigilar y controlar cuatro unidades al mismo tiempo, viéndose multiplicadas por cuatro las tareas, así como, los problemas que puedan surgir.

Tabla 2. Características de las tareas realizadas en el puesto y de la retroalimentación recibida, antes y después de la introducción de sistemas automatizados.

Características de las tareas realizadas	Tecnología tradicional	Control automatizado de procesos
Tareas	Vigilar, controlar, ajustar y mantener el funcionamiento de la unidad	Vigilar, controlar, ajustar y mantener el funcionamiento de cuatro unidades
Complejidad	Tareas relativamente sencillas de vigilar indicadores y ajustar mandos correspondientes a una sola variable	Tareas de mayor complejidad de control; relacionar diversos grupos de variables y aplicaciones
Retroalimentación	Demorada	Inmediata

Por otra parte, el sistema automatizado permite al panelista recibir una mayor y más rápida retroalimentación de las tareas o ajustes realizados, así como de lo que está sucediendo, en cada una de las unidades bajo su control, a la vez que recibe información de lo que sucede en las demás áreas de producción.

Todos los entrevistados estuvieron de acuerdo en señalar que sus funciones básicas siguen siendo las mismas que en el sistema tecnológico tradicional, esto es, vigilar, ajustar, controlar y mantener el proceso de producción, y para llevar a cabo tales tareas es necesaria precisión, concentración, y atención. No obstante, en el sistema actual los operadores de panel tienen una amplia autonomía para realizar su trabajo, siempre y cuando, no pierdan de vista la seguridad de la organización y los objetivos de producción establecidos.

3. Características generales del puesto.

A continuación se exponen los cambios observados en autonomía, toma de decisión y supervisión tras la introducción del control automatizado de procesos.

a) Tecnología tradicional:

Cada unidad de producción estaba coordinada por un supervisor o perito que, a su vez, recibía instrucciones del Departamento de Planificación de la Refinería acerca de las características de los productos elaborados, los tanques de los que debía extraerse el crudo, los tanques en los que debía almacenarse el producto elaborado, etc. A partir de esta información, el supervisor indicaba al panelista los setpoint, los cambios y ajustes en el accionamiento de las válvulas, los instrumentos que debía observar con especial atención, etc.

Asimismo, el operador del antiguo panel recibía una supervisión directa y continua del perito de la unidad, quién observaba y vigilaba si sus indicaciones eran realizadas adecuadamente, manteniendo la unidad en condiciones óptimas.

Por otra parte, el Departamento de Calidad, a partir de los análisis realizados para determinar la calidad de los productos, enviaba instrucciones al supervisor sobre las modificaciones a realizar para mejorar o ajustar la calidad de los mismos. Esas indicaciones eran, a su vez, transmitidas al panelista en términos de subir o bajar una

temperatura, un caudal, una presión, etc., mediante ajustes realizados en los instrumentos del cuadro.

Como se puede observar, el supervisor junto con el Departamento de Planificación y el Departamento de Calidad planificaba, diagnosticaba y tomaba las decisiones oportunas. Estas decisiones eran transmitidas a los panelistas, traducidas en el tipo concreto de acciones a tomar.

Por tanto, se trataba de un puesto caracterizado por una mínima autonomía, responsabilidad, así como una capacidad limitada de toma de decisión (ver Tabla 3).

Tabla 3. Características generales y carga de trabajo del puesto de operador de panel, antes y después de la introducción de sistemas automatizados.

Características generales del puesto	Tecnología tradicional	Control automatizado de procesos
Autonomía	Mínima	Amplia
Toma de decisión	Limitada	Amplia
Responsabilidad	Limitada	Amplia, sobre equipo técnico y humano
Supervisión	Directa y continua	Instrucciones generales
Carga de trabajo	Menor, sistema de trabajo más simple y fácil	Mayor, sistema de trabajo más complejo y difícil

b) Control automatizado de procesos:

Con la innovación tecnológica y los cambios en la organización, el panelista tiene una mayor capacidad de toma de decisión y mayor autonomía. La existencia de un circuito de retroalimentación directo e inmediato desde las plantas de producción a la sala de control ha implicado que la mayor parte de las decisiones sean tomadas por los panelistas.

A partir de las instrucciones generales que recibe, de su conocimiento y de la experiencia de los procesos de producción, decide qué procesos se van a realizar automáticamente a través del Sistema de Control Avanzado (ACS); los setpoint que deberán colocarse en cada control; el tipo de accionamiento (manual, automático, en cascada o computador) de los controles; los ajustes que se deben realizar para mantener las variables dentro de los parámetros adecuados al proceso de producción que se está desarrollando; etc., aunque obviamente bajo la coordinación y supervisión del Técnico de Turno.

La supervisión ejercida actualmente sobre el operador de panel no es tan estrecha y directa. El supervisor transmite al panelista las directrices a seguir en el proceso de producción, y éste realiza los ajustes que considere convenientes con el fin de alcanzar las cotas de producción y calidad establecidas por el Departamento de Planificación, informando al supervisor o Jefe de Turno, así como, a los operadores de campo las modificaciones realizadas.

Por otro lado, el puesto actual de panelista conlleva una mayor responsabilidad tanto, sobre el equipo técnico (hardware y software) como, sobre el equipo humano (jefe de turno, operadores de campo, etc.), debido a que el operador debe controlar el proceso de producción de todas las unidades, detectando y previniendo los posibles fallos que pudieran producirse en las mismas.

4. Carga de trabajo.

a) Tecnología tradicional:

En general, los entrevistados coincidieron en señalar que el trabajo con el panel tradicional (lectura de indicadores, manipulación de los mandos, etc.) era fácil y bastante simple, pero resultaba incómodo debido a que no existía una disposición ordenada de los instrumentos en el cuadro, y tenía una baja fiabilidad.

b) Control automatizado de procesos:

El trabajo con el sistema automatizado de control de procesos, resulta más cómodo, más seguro y altamente fiable, a pesar de que los entrevistados consideran que el sistema actual conlleva más dificultad y complejidad en cuanto al aprendizaje y al número de variables a controlar, todos coincidieron en afirmar que permite un fácil acceso a una gran cantidad de información, presentada en formas diversas, como puede observarse en la Tabla 3.

Asimismo, el sistema actual de control de procesos permite detectar los errores con mayor rapidez, corregir los desequilibrios más fácilmente y proporciona al operador mayor confianza sobre el sistema.

En cuanto a la disposición del equipo técnico (pantallas y teclados del ACS y TDC, teléfono, etc.) en cada panel, todos los entrevistados coincidieron en señalar que era adecuada, así como la ubicación conjunta en la misma sala de todas las subáreas de producción

(destilación, catálisis y servicios auxiliares), que facilitan la comunicación y el intercambio de información con cada una de ellas.

No obstante, todos estuvieron de acuerdo en señalar que la situación de la sala de control en la refinería, alejada físicamente de las unidades de producción, impide en ocasiones conocer lo que está ocurriendo realmente en el campo y contar con información directa que resultaría beneficiosa para resolver dudas o problemas surgidos en determinados momentos.

5. Interacción persona - ambiente.

Movilidad Física.

a) Tecnología tradicional:

Con el sistema tradicional, los operadores permanecían en constante movimiento dentro de la sala de control, para observar los indicadores y mover los mandos. Además, con frecuencia se desplazaban dentro de la unidad correspondiente, con el objetivo de comunicarse con sus compañeros de trabajo y/o comprobar en el campo la veracidad o no de lecturas realizadas en los indicadores del panel.

b) Control automatizado de procesos:

Actualmente, la movilidad de los panelistas es mínima, debido a que dadas las características del control automatizado de procesos, el sistema les “obliga” a permanecer en la sala de control, durante el turno de trabajo, fundamentalmente en la posición de sentados delante de las pantallas del TDC y ACS.

Factores Físico-Ambientales.

a) Tecnología tradicional:

Confort

Las salas de control antiguas eran pequeñas, muy poco confortables y estaban situadas en el centro de la unidad correspondiente. Además, los indicadores y mandos estaban colocados, a lo largo y ancho, de una de las paredes de la sala, a modo de cuadro panorámico, lo que hacía en ocasiones difícil e incómodo el control y el ajuste de los instrumentos.

Ventilación

Al estar situadas dentro de la unidad de producción correspondiente, las salas de control contaban con puertas y ventanas abiertas hacia el campo, por tanto, la ventilación era natural, y no existían problemas de

escasez o exceso de ventilación, salvo las propias debidas a las estaciones climáticas (verano, invierno, ...).

Iluminación

Los entrevistados consideran que la iluminación en la sala tradicional, una combinación de luz natural y artificial, era de buena calidad y estaba bien distribuida (ver Tabla 4).

Tabla 4. Factores físico-ambientales de la sala de control, antes y después de la introducción de sistemas automatizados.

Factores Físico-ambientales	Tecnología tradicional	Control Automatizado De procesos
Confort	Existencia de una sala de control dentro de cada unidad de producción, pequeña e incómoda	Una sala de control centralizada, amplia y cómoda
Ventilación	Natural	Sistema de ventilación/ refrigeración
Iluminación	Combinación de luz natural y artificial	Sólo luz artificial
Temperatura	Generalmente alta	Moderadamente baja debida al sistema de refrigeración
Nivel de ruido	Moderadamente alto por la situación de la sala de control dentro de la unidad de producción	Moderadamente alto debido al sistema de ventilación/ refrigeración
Presencia de olores	Muy alta	Nula o muy baja

Temperatura

La temperatura en las salas de control antiguas era, en general, alta debido a la localización de las mismas dentro de las unidades o plantas de producción, muy cerca de los hornos, bombas y tanques, que funcionan a temperaturas elevadas, a lo cual hay que añadir los cambios en las temperaturas como consecuencia de las estaciones climáticas (primavera, verano, ...).

Nivel de ruido

En el sistema tradicional el nivel de ruido era moderadamente alto, como consecuencia de estar situada la sala de control dentro de la unidad de producción.

Presencia de olores

La presencia de olores por emanación de gases de los diversos equipos e instalaciones, era muy alta en la antigua sala de control, como consecuencia de su situación dentro de las unidades de producción.

b) Control automatizado de procesos:

Confort

Todos los entrevistados coincidieron en señalar que la sala de control actual es mucho más cómoda que la antigua, destacando su amplitud, la posibilidad de estar reunidos todos los paneles del área de producción de la refinería, así como, la comodidad del mobiliario y la disposición del equipo técnico.

Ventilación

El sistema de ventilación de la sala de control actual, es uno de los mayores problemas señalados por los entrevistados. Debido al diseño de la sala de control, un lugar cerrado construido con los sistemas óptimos de seguridad exigidos en las industrias de procesos, se requiere de un sistema de ventilación artificial que, aunque técnicamente puede considerarse óptimo, puede conllevar problemas colaterales y a largo plazo, como alergias, diversas enfermedades del sistema respiratorio, etc.

Iluminación

El segundo gran problema citado por los miembros de la organización estudiada, es la iluminación artificial (la única existente en la sala de control), de tipo general, situada en el techo de la zona central de la sala de control. Este tipo de iluminación produce reflejos en las pantallas de ordenador, y además no proporciona la iluminación necesaria y adecuada a cada uno de los paneles situados en la sala, como puede observarse en la Tabla 4.

Temperatura

En la actualidad, la temperatura en la sala de control es moderadamente baja, manteniéndose estable a lo largo de todo el año debido al control realizado por el sistema de refrigeración, y mediante el que se regula la temperatura idónea para el buen funcionamiento de los equipos técnicos.

Nivel de ruido

En el sistema actual el nivel de ruido, al igual que en el sistema tradicional, es moderadamente alto. En el sistema actual, el nivel de

ruido es producido por el sistema de ventilación. Este es el tercer gran problema de la sala de control actual señalado por los entrevistados.

Presencia de olores

En la actualidad la presencia de malos olores es muy baja, salvo excepciones (el sistema de ventilación de la sala de control está dotado de unos sensores que captan la presencia de gases).

Tamaño y espacio personal.

a) Tecnología tradicional:

Las salas de control antiguas, en general, eran de tamaño pequeño. Constaban de un cuadro de instrumentos de tipo panorámico, una pequeña mesa y una silla. Dadas estas características y que el panelista tenía que estar en continuo movimiento para realizar la lectura de indicadores y el control de los mandos, resultaba incómoda. Asimismo, no era percibido por los entrevistados como un lugar agradable para trabajar, ni permitía mantener un espacio personal e íntimo para realizar el trabajo.

b) Control automatizado de procesos:

De la sala de control actual, los entrevistados destacan su amplitud, su comodidad y la posibilidad de contar con espacio suficiente en cada panel para moverse sin realizar esfuerzos. Sin embargo, perciben esta sala como un lugar bastante frío (estéticamente), impersonal y con mínimas posibilidades de intimidad y privacidad para realizar el trabajo.

6. Aspectos de seguridad.

a) Tecnología tradicional:

El nivel de riesgos físicos para los operadores en el sistema tradicional era moderadamente alto, como puede observarse en la Tabla 5, consecuencia de la ubicación de la sala de control dentro de la unidad, y a que ésta no contaba con un diseño físico en el que se primara la seguridad.

b) Control automatizado de procesos:

Actualmente, hay una mínima posibilidad de riesgo físico o de ocurrencia de accidentes, gracias a las características de diseño de la sala de control que priman ante todo la seguridad.

Tabla 5. Características de seguridad y comunicación del puesto de operador de panel, antes y después de la introducción de sistemas automatizados.

Otras características del puesto	Tecnología tradicional	Control automatizado de procesos
Seguridad	Nivel de riesgos moderadamente alto	Mínimo nivel de riesgos
Comunicación e interacción social	Cara a cara con supervisores y operadores de campo*	Mediante transmisores y/o teléfono con operadores de campo*

* Operadores de campo: término utilizado para denominar a los trabajadores de las unidades de producción

7. Comunicación e interacción social.

a) Tecnología tradicional:

En cuanto a la comunicación, el panelista del cuadro antiguo recibía la información vía comunicación verbal con sus compañeros de turno (supervisor y operadores de campo). Este intercambio demandaba el traslado del panelista al campo, con el fin de contrastar los datos observados en los instrumentos y/o recibir instrucciones sobre ajustes necesarios. La comunicación con los operadores de las demás plantas o unidades de producción era inexistente, realizándose el trabajo de cada unidad de forma aislada.

b) Control automatizado de procesos:

Actualmente, la comunicación de los panelistas con los operadores de campo se realiza por medio de transmisores y/o teléfonos que permiten mantener una comunicación constante de cuanto acontece en el campo durante la jornada de trabajo (ver Tabla 5). A su vez, al estar situados los tres paneles que controlan las diferentes unidades de producción en la misma sala de control, y al estar interconectadas (a través del sistema técnico) todas las unidades la comunicación de los panelistas con los miembros de las demás unidades es inmediata y fluida, lo que permite garantizar la marcha adecuada del proceso de producción. Además, mantienen comunicación cara a cara con su jefe de turno, así como, con el jefe de área y/o con su ayudante.

Los entrevistados consideran que uno de los aspectos más positivos de la centralización del control de las operaciones en una sala común es la interacción y comunicación entre todos los trabajadores del área de producción y la agilidad en el intercambio de información relevante entre todos los paneles. Por el contrario, esa centralización les ha alejado física

y socialmente de los compañeros de su propia subárea con quienes se comunican a través del transmisor (ver Tabla 5). En general, todos coinciden en señalar que la comunicación a través del transmisor es fría, impersonal, formal, e impide mantener una interacción confidencial, debido a que todos los trabajadores del área de producción tienen acceso a la comunicación transmitida. Este es el motivo por el que en determinadas situaciones y con objeto de transmitir información más privada y confidencial, el panelista se comunica con los trabajadores de las unidades de producción a través del teléfono.

Por otra parte, en situaciones de emergencia en las que es muy importante mantener una comunicación continua con los operarios de la unidad el transmisor resulta incómodo de usar debido a sus características de diseño, a la vez que presenta ruidos e interferencias que dificultan u obstruyen una comunicación adecuada.

Discusión y conclusiones

Los profundos cambios ocurridos en el control de procesos continuos en las dos últimas décadas, como señala De Keyser (1990), ha dado como resultado la modificación no sólo del papel del operador en la sala de control sino, también, de sus objetivos, sus acciones e incluso de los conocimientos necesarios para desempeñar su trabajo. Estos cambios implican el uso de estrategias temporales como la anticipación, la valoración de la evolución del proceso y los ajustes en la planificación, métodos todos ellos útiles para afrontar en paralelo los eventos que ocurren durante el control, los vínculos entre eventos y la saliencia e importancia de los mismos (Rolo y Díaz Cabrera, en prensa).

De acuerdo con nuestros resultados, no obstante los profundos cambios ocurridos, las tareas realizadas por los panelistas, como puede observarse en la Tabla 2, son a simple vista esencialmente similares (p.e. vigilar, controlar, ajustar) antes y después del cambio tecnológico. Sin embargo, la reestructuración del área de producción en la empresa analizada ha significado: (1) aumento de las unidades a controlar por cada uno de los panelistas; (2) aumento en el número de parámetros a controlar; (3) mayor capacidad de toma de decisiones, en el sentido del tipo de estrategias a utilizar para la prevención, el diagnóstico y resolución de los fallos; (4) aumento de la comunicación entre las diferentes subáreas -con la existencia de una retroalimentación directa e

inmediata sobre los procesos de producción-, lo que ha significado un aumento en la optimización de la producción.

En general, podemos plantear que se ha producido, en cierta medida, un aumento en la cualificación del puesto, así como un enriquecimiento del mismo. Es decir, el incremento, por un lado, en las habilidades, destrezas y conocimientos requeridos y, por otro, en la capacidad de toma de decisión, el grado de autonomía, responsabilidad y disminución en la supervisión recibida.

En todo caso, nos parece importante resaltar que la complejidad de los factores que intervienen en la implantación de nuevas tecnologías dificulta en gran medida la evaluación de sus efectos. Aunque podrían identificarse, probablemente, efectos globales de las nuevas tecnologías, los efectos específicos deben ser determinados dentro del contexto organizacional, en la línea del planteamiento realizado por autores como Davis y Taylor (1976) y Díaz-Cabrera y Rolo (1990).

En el caso concreto de este estudio, el enriquecimiento del puesto de panelista podría estar determinado en cierta medida por el tipo de nuevas tecnologías implantadas pero, también, por el contexto organizacional específico. Es decir, el diseño concreto de puestos adoptado y el contexto organizacional particular (por ejemplo, la política de personal, la estructura organizacional y la filosofía de la dirección sobre los recursos humanos) son factores importantes a considerar. De hecho, aunque hay una serie de cambios que podrían preverse, independientemente del diseño de puestos o del contexto, es difícil determinar qué efectos son causados por la tecnología en sí, y cuáles por factores organizacionales.

Además de los efectos de la innovación tecnológica sobre la estructura, el contenido y tipos de puestos, hemos identificado cómo, a su vez, el cambio ha influido en las características del ambiente físico y en el diseño del espacio de trabajo. En este sentido, la valoración realizada por los operadores del nuevo sistema técnico está determinada, en diferente medida, por los cambios introducidos en su entorno. Esto es, los sistemas automatizados incorporados tienen un impacto sustancialmente diferente sobre las distintas características ambientales.

Uno de los aspectos ambientales relacionados con el trabajo en salas de control de procesos es la restricción de movilidad física y locomoción

que, como se ha observado en otras investigaciones (McIlvaine-Parsons, 1985), son especialmente susceptibles de ser reemplazadas por equipos técnicos. Concretamente, en la empresa de refino de petróleo analizada se ha producido una fuerte disminución de locomoción ya que una amplia mayoría de las tareas se realizan vía ordenador, sin necesidad de desplazamientos a la unidad de producción. En la misma línea, el intercambio de información entre operadores se efectúa a través de transmisores, teléfonos, etc. Todo ello ha derivado en que los operadores deban permanecer en la sala de control durante toda su jornada de trabajo, con excepción de las pausas de descanso, limitándose la movilidad a pequeños desplazamientos por la sala y a amplios períodos en posición de sentado delante de las pantallas. Esta carencia de movilidad y locomoción parece ir unida, de acuerdo a la evaluación realizada por los operadores, a un aumento de la monotonía y de la fatiga mental y física, con efectos negativos en la ejecución como disminución de la concentración, precisión y atención.

Los resultados adversos relacionados con esta carencia de movilidad podrían ser reducidos, sin embargo, mediante el aumento de las pausas para descanso y el rediseño de los puestos, incluyendo tareas que requieran desplazamiento (Roe, 1989), por ejemplo, tareas que necesiten alguna recogida de información o control directo en la unidad de trabajo.

Un segundo impacto importante se refiere al diseño específico del sistema de ventilación y de la iluminación. En el caso de la ventilación, uno de sus efectos negativos, indicado por los operadores entrevistados, está relacionado con la probable aparición de enfermedades respiratorias, consecuencia de las características técnicas de este sistema de ventilación artificial, por cuyos conductos fluyen gases, microbios, etc. Los operadores señalan como problema colateral del sistema de ventilación el alto nivel de ruido, con sus consiguientes efectos sobre la concentración, la atención, y el confort. Dado que las tareas realizadas en la sala de control son principalmente de tipo cognitivo con demandas de alta concentración, este tipo de ruidos monótonos y constantes produce interferencias importantes en la ejecución de las tareas (Michael y Bienvenue, 1983).

Con respecto a la iluminación, sus características específicas de diseño, general y directa, producen deslumbramientos indirectos en las

pantallas de los ordenadores, con posibles efectos negativos a largo plazo sobre la salud (problemas visuales) y, a corto plazo, en consecuencias como la fatiga visual. Una probable mejora conllevaría la introducción de iluminación focal en el espacio inmediato de trabajo y la posibilidad de graduación de la intensidad de la luz, junto a la colocación de filtros en las pantallas.

Finalmente y ya en un nivel de análisis interpersonal, quizás el aspecto más relevante de los resultados obtenidos se refiera a la comunicación. La naturaleza del trabajo en este tipo de sistema automatizado y el uso de equipos de comunicación, con una clara disminución de la comunicación cara a cara, implica, en una gran mayoría de casos, la disminución de la comunicación informal intragrupo (sala de control-unidad de producción) debido a la falta de privacidad y de confidencialidad. Sin embargo, hay un incremento de la comunicación formal tanto inter como intragrupo, favorecida por las facilidades que ofrecen los nuevos sistemas técnicos tanto para el acceso como para el intercambio de información.

Siguiendo el esquema sobre procesos de interacción ambiente-conducta planteado por Evans y Lepore (1997), a la luz de nuestros resultados se puede observar la existencia, tanto de procesos de mediación como de moderación entre las variables analizadas.

Entre los procesos de mediación observados cabe señalar, en primer lugar, la relación entre ruido y ventilación. El efecto del nivel de ruido percibido en la sala de control sobre las respuestas de confort y la ejecución de tareas cognitivas se encuentra mediado por la existencia de un sistema artificial de ventilación. En cuanto que los operarios tienden a identificar como "origen" del ruido a dicho sistema.

En segundo lugar, los problemas de fatiga y cansancio visual señalados, asociados al uso de pantallas de ordenador, aparecen mediados por el tipo y los niveles de iluminación de la sala de control. Así, la falta de luz natural y de ventanas que permitan un cierto contacto con el ambiente exterior a la sala fue valorada de manera negativa.

En tercer lugar, los problemas de carga mental identificados por los panelistas (fundamentalmente, problemas de atención y concentración) y relativos a la monotonía de las tareas, aparecen mediados por la reducida movilidad física asociada al puesto.

En cuanto a los procesos de moderación, en nuestro estudio hemos podido identificar, por ejemplo, cómo la percepción de la sala de control como lugar impersonal y carente de privacidad e intimidad parece estar moderada por el alejamiento físico existente entre la sala de control de las unidades de producción y los sistemas de comunicación empleados por los panelistas.

Del mismo modo, podemos observar cómo la insatisfacción señalada por los operadores entrevistados con respecto a determinados factores ambientales de la sala de control (principalmente ventilación, iluminación y calidad sonora) parece estar moderada, de igual forma, por el aislamiento visual que genera la situación y las características del tipo de sala de control analizada. Es decir, el diseño de sala de control *cerrada*, que prima los aspectos de seguridad, conlleva también su aislamiento, lo que implica el uso de luz y ventilación artificial, así como una mayor distancia física de las distintas unidades de producción, aspectos todos ellos que se perciben de modo negativo, comparado con las condiciones de las salas de control precedentes.

De nuestros resultados se desprende la necesidad de profundizar en el análisis de las interconexiones entre las características físico-ambientales del entorno de trabajo y la tecnología que caracteriza la actividad laboral, a partir de la evaluación efectuada por los propios trabajadores. De igual forma, es necesario ahondar en el estudio de los efectos del cambio ambiental y tecnológico sobre la satisfacción y el rendimiento de los trabajadores. En cualquier caso, resulta conveniente efectuar un análisis cuantitativo de las variables analizadas en nuestra investigación desde un enfoque cualitativo y, fundamentalmente, de las interconexiones entre ellas. Además, para contrastar la validez de los resultados obtenidos y las conclusiones avanzadas, sería interesante analizar otras salas de control en aquellas empresas (p.e., empresas de alimentación, metalurgia, etc.) que hacen uso, también, de tecnología de control de procesos continuos.

En resumen, podemos afirmar que los resultados obtenidos en nuestro estudio muestran, que la implementación de sistemas automatizados tiene importantes consecuencias, no sólo en la estructura y el contenido y tipo de puestos, sino, también, en el diseño de espacios y en las características del ambiente físico. Por ello, es necesario mantener una perspectiva sistémica y holista a la hora de programar e implantar

cualquier tipo de innovación tecnológica, si se quiere que ésta resulte plenamente efectiva. En este sentido, la planificación en el diseño del proceso de cambio tecnológico debe abarcar tanto factores técnicos como ambientales. En la medida en que el ambiente físico ofrezca apoyo a los individuos, a sus actividades y equipo habrá mayores probabilidades de éxito de la automatización.

Bibliografía

- Andriessen, J.H.E. (1994). Conditions for succesful adoption and implementation of Telematics in user organizations. En J.H.E. Andriessen y R.A. Roe (Eds.): *Telematics and Work*. Cap. 17. Hove (U.K.): Lawrence Erlbaum.
- Bainbridge, L. (1979). Verbal reports as evidence of the process operator's knowledge. *International Journal of Machine Studies*, 11, 411-436.
- Blackler, F. y Brown, C. (1986). Alternative models to guide the design and introduction of new information technologies into work organizations. *Journal of Occupational Psychology*, 59, 287-313.
- Butera, F. (1984) Automation, industrial development and industrial work in Italy. En F. Butera y J.E. Thurman (Eds.): *Automation and Work Design*. New York: North-Holland.
- Carlopio, J.R. y Gardner, D. (1992) Direct and interactive effects of the physical work environment on attitudes. *Environment and Behavior*, 24, 5, 579-601.
- Czaja, S.J. (1987) Human Factors in office automation. En G. Salvendy (Ed.): *Handbook of Human Factors*. New York: Wiley & Sons.
- Davis, L. y Taylor, J. (1976) Technology, organization and job structure. En Robert Dubin (Ed.): *Handbook of Work, Organization and Society*. Chicago: Rand-McNally.
- De Keyser, V. (1990) Temporal decision making in complex environments. En D.E. Broadbent, A. Baddeley y J.T. Reason (Eds.): *Human Factors in Hazardous Situations* (pp. 569-576). Oxford: Clarendon Press.
- Díaz-Cabrera, D. y Rolo, G. (1990) *Cambios en los requerimientos de destrezas de los puestos con la introducción de nuevas tecnologías*. Comunicación presentada en la VI Jornadas Nacionales de Orientación Escolar y Profesional. Tenerife, noviembre.
- Duvall-Early, K. y Benedict, J.O. (1992). The relationship between privacy and different components of job satisfaction. *Environment and Behavior*, 24, 5, 670-679.
- Eason, K. (1988). *Information Technology and Organizational Change*. Londres: Taylor and Francis.
- Ekkers, C.L. (1984). Job design and automation in the Netherlands. En F. Butera y J.E. Thurman (Eds.): *Automation and Work Design*. New York: North-Holland.
- Evans, G.W.; Johansson, G. y Carrere, S. (1994). Psychosocial factors and the physical environment: inter-relations in the workplace. *International Review of Industrial and Organizational Psychology*, 9, 1-29.

- Evans, G.W.E. y Lepore, S.J. (1997). Moderating and mediating processes in environment-behavior research. En G.T. Moore y R.W. Marans (Eds.): *Advances in Environment, Behavior and Design*. Volumen 4, Cap. 8. New York: Plenum Press.
- Evans, G.W.; Mata Allen, K.; Tafalla, R. y O'Meara, T. (1996). Multiple stressors: Performance, psychophysiological and affective responses. *Journal of Environmental Psychology*, 16, 147-154.
- Evans, G.W. y Mitchell McCoy, J. (1998) When buildings don't work: The role of architecture in human health. *Journal of Environmental Psychology*, 18, 85-94.
- Fischer, G.N. (1994). *Psicología Social do Ambiente*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Herzberg, F. (1966). *Work and the nature of man*. Cleveland: Cleveland World Publishers.
- Iñiguez, L. y Vivas, P. (1998). Ambientes laborales. En J.I. Aragonés y M. Amérigo, (comp.). *Psicología Ambiental*. Madrid: Pirámide, 195-220.
- Kaplan, A. (1982) The ergonomics of office automation. *Modern Office Procedures*, Mayo, 51-64.
- King, N. (1992). Modelling the innovation process: An empirical comparison of approaches. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 65, 89-100.
- Koopman, P.L. y Algera, J.A. (1998). Automation: socio-organizational aspects. En J.D. Drenth, H. Thierry y C.J. de Wolff (Eds.): *Organizational Psychology*. Cap 17. East Sussex, U.K.: Psychology Press.
- Makó, C. (1984). Automation, worker's needs and work content in Hungary. En F. Butera y J.E. Thurman (Eds.): *Automation and Work Design*. New York: North-Holland.
- McIvaine-Parsons, H. (1985). Automation and the individual: comprehensive and comparative views. *Human Factors*, 27 (1), 99-112.
- Michael, P.L. y Bienvenue, G.R. (1983). Industrial Noise and Man. En D.J. Osborne y M.M. Gruneberg: *The Physical Environment at Work*. New York: Wiley & Sons.
- O'Neill, M.J. (1994). Work space, adjustability, storage, and enclosure as predictors of employee reactions and performance. *Environment and Behavior*, 26, 4, 504-526.
- Ornstein, S. (1990). Linking environmental and industrial/organizational psychology. *International Review of Industrial and Organizational Psychology*, 5, 195-228.
- Parsons, M. (1984). *People-related parallels between the automated factory and the automated office* (Technical Paper MM83-480). Dearborn, MI: Society of Manufacturing Engineers.
- Rasmussen, J. (1986). Information Processing and Human-Machine Interaction. An approach to cognitive engineering. New York: North-Holland.
- Rodríguez González, M.S.; Arce Fernández, C. y Sabucedo Casmeñe, J.M. (1997). Empirical validation of a model of user satisfaction with buildings and their environments as workplaces. *Journal of Environmental Psychology*, 31, 4, 435-462.
- Roe, R. (1989). New technologies and work. En B.J. Fallon; H.P. Pfister y J. Brebner (eds.): *Advances in Industrial Organizational Psychology*. Londres: Elsevier Science Publishers.
- Rolo, G. y Díaz-Cabrera, D. (1992) *Evaluación de las tareas de control automatizado de procesos en una empresa de refinado de petróleo*. Comunicación presentada en el XXIII Congreso Interamericano de Psicología. San José de Costa Rica.
- Rolo, G. y Díaz-Cabrera, D. (1999, en prensa) Features of decision-making in process control tasks: the relevance of the work context.

- Sheridan, T.B. (1987). Supervisory Control. En G. Salvendy (Ed.): *Handbook of Human Factors*. New York: Wiley & Sons.
- Sundstrom, E. (1987). Work environments: Office and Factories. En D. Stokols e I. Altman (Eds.): *Handbook of Environmental Psychology*. Vol.1. New York: Wiley & Sons.
- Wall, T.D. y Davis, K. (1992). Shopfloor work organization and advanced manufacturing technology. *International Review of Industrial and Organizational Psychology*, 7, 363-398.
- Wallbe-Ornstein, S. (1999). A postoccupancy evaluation of workplaces in Sao Paulo, Brazil. *Environment and Behavior*, 31, 4, 435-462.
- Wickens, C.D. (1984). *Engineering Psychology and Human Performance*. London: Charles E. Merrill Publishing.
- Zornoza, A.M^a; Prieto, F. y Solanes, A. (1997). Aspectos psicosociales y organizacionales del cambio tecnológico en la empresa. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, 13, 2, 157-171.