



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Maestría en Diseño Industrial
Ergonomía**

DIAGNÓSTICO DEL DISEÑO COMUNICATIVO EN ESTACIONES DE TRABAJO Caso Torre de Control del Tráfico Aéreo del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

**Tesis que para optar el grado de:
Maestro en Diseño Industrial**

Presenta:

ALEJANDRO DANIEL MURGA GONZÁLEZ

TUTOR PRINCIPAL:

MTRO. ÁNGEL MAURICIO GROSO SANDOVAL

Facultad de Arquitectura, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

MDI GLORIA ADRIANA MENDOZA FRANCO

Facultad de Arquitectura, UNAM

ING. JULIÁN COVARRUBIAS VALDIVIA

Facultad de Arquitectura, UNAM

MDI ERIKA MARLENE CORTÉS LÓPEZ,

Facultad de Arquitectura, UNAM

LIC. HUGO IVÁN ESCALANTE ALMAZÁN

Facultad de Arquitectura, UNAM

Ciudad Universitaria, Cd. Mex., Junio 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Maestría en Diseño Industrial
Ergonomía

DIAGNÓSTICO DEL DISEÑO COMUNICATIVO EN ESTACIONES DE TRABAJO Caso Torre de Control del Tráfico Aéreo del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México

Tesis que para optar el grado de:
Maestro en Diseño Industrial

Presenta:

ALEJANDRO DANIEL MURGA GONZÁLEZ

TUTOR PRINCIPAL:

MTRO. ÁNGEL MAURICIO GROSO SANDOVAL

Facultad de Arquitectura, UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

MDI GLORIA ADRIANA MENDOZA FRANCO

Facultad de Arquitectura, UNAM

ING. JULIÁN COVARRUBIAS VALDIVIA

Facultad de Arquitectura, UNAM

MDI ERIKA MARLENE CORTÉS LÓPEZ,

Facultad de Arquitectura, UNAM

LIC. HUGO IVÁN ESCALANTE ALMAZÁN

Facultad de Arquitectura, UNAM

Ciudad Universitaria, Cd. Mex., Junio 2016





Dedicatoria y Agradecimientos

Dedico este trabajo a mis padres, que siempre me han apoyado en mi desarrollo académico y personal; a mi pareja, y todos mis seres queridos.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme becado mis estudios a través del Programa de Competencia Internacional, dentro del Padrón del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** (UNAM) por darme la oportunidad de realizar este estudio; a mis sinodales, el Maestro Ángel Groso, la Maestra Gloria Mendoza, el Ingeniero Julián Covarrubias, a la Maestra Erika Cortés y al Ingeniero Hugo Escalante, por asistirme y brindarme herramientas para desarrollarme como investigador; y a mis demás profesores y compañeros, de los cuales he aprendido mucho.

Agradezco a la **Universidad de Purdue**, a su departamento de Aeronáutica y Astronáutica, y en particular al Doctor Daniel Delaurentis, por permitir mi estancia de investigación para aprender todo sobre el análisis de sistemas.

A **Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano** (SENEAM), y en particular, al Ingeniero Roberto Kobeh González, por haberme abierto las puertas de la Torre de Control del Tráfico Aéreo del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, hecho que posibilitó que mi estudio se realizara con éxito; a todos los Controladores del Tráfico Aéreo de dicha Torre, que a pesar de la complejidad de su labor me permitieron trabajar a su lado.



A los Lectores

Este trabajo está pensado en beneficio de los **Controladores del Tráfico Aéreo (CTA)**, al proporcionar un instrumento de diagnóstico de las consolas, ventanas, cabina e iluminación de las Torres de Control (TCTA), bajo la visualización de los espacios interactivos como Interfaces Espaciales Comunicativas, la cual creo que resultará muy interesante y útil para los CTA, ingenieros en aeronáutica, arquitectos, diseñadores y cualquier profesionalista involucrado en el diseño de las TCTA.

Índice

I. ABREVIATURAS.....	11
II. RESUMEN	12
III. INTRODUCCIÓN	13
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1 Preguntas de Investigación.....	16
1.2 Hipótesis	16
1.3 Objetivo General.....	16
1.4 Objetivos Particulares	16
1.5 Justificación	16
1.6 Precedentes y Estado del Arte.....	17
2 PANORAMA DE LA AVIACIÓN CIVIL EN MÉXICO	21
2.1 Desarrollo Histórico y Actual de la Organización de la Aviación Civil en México.....	21
2.2 Sistema del Control del Tráfico Aéreo	22
2.3 Sistema Aeroportuario.....	23
2.4 Sistema de Torre de Control del Tráfico Aéreo.....	24
2.5 Historia del AICM.....	25
2.6 Vulnerabilidades del AICM.....	28
2.7 Síntesis: La Relación Compleja de los Sistemas en torno a las TCTA	29
3 PROPUESTA DE ANÁLISIS: INTERFACES ESPACIALES COMUNICATIVAS.....	31
3.1 Teoría de Sistemas	32
3.2 Cibernética y Teoría de la Comunicación.....	32
3.3 Diseño Centrado en el Usuario.....	33
3.4 Ergonomía	34
3.5 Ergonomía Cognitiva.....	34
3.6 Usabilidad	36
3.7 Síntesis: Interfaces Espaciales Comunicativas como Propuesta de Análisis.....	37
4 CASO DE ESTUDIO: LA TCTA-IEC DEL AICM	39
4.1 Condiciones Aeroportuarias que impactan en el funcionamiento de la TCTA-IEC	40
4.2 Instrumentos de Trabajo del CTA.....	42



4.3 Problemáticas de la TCTA-IEC: Herramientas de la Investigación de Campo.....	45
4.4 Categorización de los Componentes de la TCTA-IEC	49
4.5 Cabina	50
4.6 Ventana	52
4.7 Consola	54
4.8 Mecanismos de Iluminación	55
5 PROPUESTA DE INSTRUMENTO DE DIAGNÓSTICO.....	59
5.1 Sistematización de variables de Usabilidad en secciones en el Instrumento.....	60
5.2 Contenido del Instrumento de Diagnóstico	61
5.3 Datos Generales	63
5.4 Percepción de la Cabina.....	64
5.5 Percepción de las Consolas	65
5.6 Percepción de las Ventanas e Iluminación	65
5.7 Guía de Cálculo del Índice de Desempeño	65
6 ÍNDICE DE DESEMPEÑO DE LA TCTA DEL AICM	69
6.1 Datos Generales	70
6.2 Cabina	71
6.3 Consolas.....	72
6.4 Ventanas.....	73
6.5 Iluminación	74
6.6 Discusión de Beneficios del Instrumento.....	75
CONCLUSIONES.....	77
GLOSARIO.....	80
REFERENCIAS.....	83
ANEXO A: LÍNEA DEL TIEMPO.....	86
ANEXO B: VIDEOS	87
ANEXO C: FICHA DE EXPERIENCIA DE USO	88
ANEXO D: INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN	89
VERSIÓN EN INGLÉS	109

Índice de Figuras

Figura 1: Sistema Organizacional de la Aviación en México.....	22
Figura 2: Sistema de Control del Tráfico Aéreo.....	23
Figura 3: Sistema/Programa Aeroportuario.....	24
Figura 4: Sistema/Programa de Torre de Control del Tráfico Aéreo.....	25
Figura 5: Fuentes de Información para el Servicio de Vuelo.....	25
Figura 6: Capacidad del AICM y Evolución Histórica.....	26
Figura 7: Relación de Sistemas en torno a la Aviación Civil.....	29
Figura 8: Marco Teórico de la Investigación.....	31
Figura 9: Sistema Comunicativo TCTA.....	32
Figura 10: Posibilidades de Análisis de Sistemas Socio-técnicos y Cibernéticos.....	33
Figura 11: Ergonomía y sus Alcances.....	34
Figura 12: Algunas métricas basadas en tareas comunicativas para la TCTA IEC.....	36
Figura 13: Visibilidad a Plataformas en el AICM.....	40
Figura 14: Relación de la Cabina de la TCTA con el AICM.....	41
Figura 15: Incidencia solar en la TCTA del AICM anual hecha con Revit Architecture 2014.....	42
Figura 16: Planta de distribución de Instrumentos en la Cabina de la TCTA del AICM.....	44
Figura 17: Reflejos en la pantalla del VCS Frequentis.....	44
Figura 18: Modelación en CATIA de las previas estaciones de trabajo en la TCTA del AICM.....	45
Figura 19: Área del campo visual con y sin obstáculos desde una posición neutral.....	46
Figura 20: Columnas como obstáculo visual.....	47
Figura 21: Ejemplo de Ficha de Experiencia de Uso.....	47
Figura 22: Reloj de Consola.....	48
Figura 23: Bocinas de Consola.....	48
Figura 24: Los CTA de pie pueden obstaculizar la visual de sus colegas.....	48
Figura 25: Ineficiencia de las Cortinas.....	49
Figura 26: Sistema Interactivo TCTA-IEC.....	49
Figura 27: Parte “A) Datos Generales” del Instrumento de Diagnóstico.....	63
Figura 28: Sección “Croquis de Distribución” en la parte “1. Percepción de la Cabina” del Instrumento de Diagnóstico.....	64



Figura 29: Parte “1. Percepción de la Cabina” del Instrumento de Diagnóstico.....	64
Figura 30: Parte “2. Percepción de las Consolas” del Instrumento de Diagnóstico	65
Figura 31: Escala de Likert con valores de evaluación entre paréntesis y espacios para evaluar	66
Figura 32: Semáforo de acciones	67
Figura 33: Ejemplo de Llenado de Gráfica y Gráficas.....	67
Figura 34: Parte A) del Instrumento contestada	70
Figura 35: Desempeño de Cabina de la TCTA-IEC del AICM	71
Figura 36: Diseño de la TCTA del AICM antes del 2015. Fuente: SENEAM 3 Décadas (SCT, 2008).	71
Figura 37: Diseño de la TCTA del AICM posterior a la adaptación del 2015.....	72
Figura 38: Desempeño de Cabina de la TCTA-IEC del AICM	72
Figura 39: Espacio reducido por el reloj y el rack de tiras en la consola de helicópteros	73
Figura 40: Posicionamiento improvisado del DRS	73
Figura 41: Desempeño de las Ventanas de la TCTA-IEC del AICM	74
Figura 42: Desempeño de la Iluminación de la TCTA-IEC del AICM	74
Figura 43: Monitor de ASDE con reflejos	74
Figura 44: Ineficiencia de las cortinas.....	74
Figura 45: Contextualización del sistema ergonómico según las IEC.....	78

Índice de Tablas

Tabla 1: Documentos Oficiales, Capacitación, Normas y Estándares entorno a las TCTA.....	17
Tabla 2: Cruce de información para contextualizar la Efectividad en Cabina	51
Tabla 3: Cruce de información para contextualizar la Eficiencia en Cabina	52
Tabla 4: Cruce de información para contextualizar la Efectividad y la Eficiencia de las Ventanas	53
Tabla 5: Cruce de información para contextualizar la Efectividad de las Consolas	54
Tabla 6: Cruce de información para contextualizar la Eficiencia de las Consolas.....	55
Tabla 7: Cruce de información para contextualizar la Eficiencia de los Mecanismos de Iluminación....	56
Tabla 8: Sistematización de variables de Usabilidad de Cabina y Consola en el Instrumento.....	60
Tabla 9: Sistematización de variables de Usabilidad de Ventana e Iluminación en el Instrumento	61
Tabla 10: Estructura del Instrumento de Diagnóstico.....	62
Tabla 11: Calificación de cada Consola por sección	73



Abreviaturas

- A-E-O-U: Sistema compuesto de Actividad-Entorno-Objeto-Usuario.
- AICM: Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México.
- ASA: Aeropuertos y Servicios Auxiliares.
- ASDE: Equipo de Detección en Superficie Aeroportuaria (por sus siglas en inglés, Airport Surface Detection Equipment).
- CC: Centros de Control.
- CCO (Torre del): Torre del Centro de Control Operativo.
- CLAC: Comisión Latinoamericana de Aviación Civil.
- CTA: Control del Tráfico Aéreo; Controlador del Tráfico Aéreo.
- DCU: Diseño Centrado en el Usuario.
- DGAC: Dirección General de Aviación Civil.
- DRS: Sistema de Recuperación por Desastre (por sus siglas en inglés, Disaster Recovery System).
- FAA: Administración Federal de Aviación (por sus siglas en inglés, Federal Aviation Administration).
- HCI: Interacción Humano-Computadora.
- IEC: Interfaz Espacial Comunicativa.
- IFR: Reglas de Vuelo por Instrumentos (por sus siglas en inglés, Instrument Flight Rules).
- ILS: Sistema de Aterrizaje por Instrumentos (por sus siglas en inglés, Instrument Landing System).
- NAICM: Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México.
- OACI: Organización de la Aviación Civil Internacional.
- RAMSA: Radio Aeronáutica Mexicana SA (ahora SENEAM).
- SCT: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- SENEAM: Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano.
- TCTA: Torre de Control del Tráfico Aéreo.
- TCTA-IEC: Torre de Control del Tráfico Aéreo vista como Interfaz Espacial Comunicativa es decir, conjunto de estaciones de trabajo de los CTA donde sus componentes principales son las Consolas, Ventanas, Cabina e Iluminación.
- UTC: Tiempo Universal Coordinado.
- VCS: Sistema de Comunicación por Voz (por sus siglas en inglés, Voice Communication System).
- VDT: Terminal de Video o Monitor (por sus siglas en inglés, Video Display Terminal).
- VFR: Reglas de Vuelo Visual (por sus siglas en inglés, Visual Flight Rules).



Resumen

Esta investigación se llevó a cabo bajo el propósito de mejorar en las Torres de Control las estaciones de trabajo del Controlador del Tráfico Aéreo, según sus necesidades laborales, las cuales se centran en aspectos comunicativos. Se consideró que, debido a la naturaleza multifactorial del problema, era necesario primero optimizar el estudio y diagnóstico del diseño espacial comunicativo de dichas estaciones mediante un instrumento de diagnóstico rápido. Esto se llevó a cabo tomando como caso de estudio la Torre de Control del Tráfico Aéreo del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, en la cual se realizó una evaluación ergonómica que facilitó la identificación y categorización de la cabina, ventanas, consolas e iluminación como componentes esenciales que asisten, facilitan o apoyan el trabajo comunicativo del Controlador. Posterior a ello, se diseñó como propuesta el **Instrumento de Diagnóstico Rápido del Diseño Comunicativo de las Estaciones de Trabajo de los Controladores del Tráfico Aéreo para Torres de Control**, el cual se aplicó en la Torre de dicho aeropuerto. Los resultados de la aplicación fueron concordantes con la investigación ergonómica y por tanto, mostraron la posibilidad de que dicho instrumento sea útil en el futuro y permita establecer estrategias de diseño para el mejoramiento de demás Torres en dichos términos.

Palabras Clave: Torre de Control del Tráfico Aéreo, Controlador del Tráfico Aéreo, estaciones de trabajo, diseño comunicativo, diagnóstico, Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México, Ergonomía.

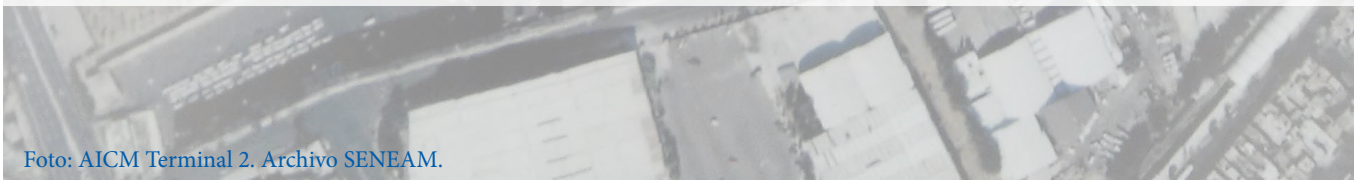


Foto: AICM Terminal 2. Archivo SENEAM.



Introducción

Este documento trata sobre **el análisis de la complejidad espacial comunicativa** de las estaciones de trabajo de los Controladores del Tráfico Aéreo en las Torres de Control (TCTA) bajo la perspectiva del diseño arquitectónico e industrial. Dicho análisis consistió en la **identificación de las consolas, ventanas, cabina e iluminación** como elementos esenciales del diseño espacial comunicativos; la **definición y de sus cualidades; así como su diagnóstico**. Como producto, se propuso un instrumento de diagnóstico rápido para el direccionamiento de investigaciones ergonómicas relacionadas con el diseño comunicativo en estaciones de trabajo. Dicho proceso puede ser útil en situaciones similares u otros espacios interactivos.

Como inicio del análisis, se describió el panorama de la aviación civil en México y se eligió la TCTA del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) como caso de estudio. Posteriormente, se construyó el marco teórico y crítico con el cual se comprenden las TCTA como sistemas sociales, técnicos, comunicativos y ergonómicos; y, bajo la visión de la usabilidad, se propuso el concepto de Interfaces Espaciales Comunicativas (IEC) como una visión práctica que facilita su estudio y diagnóstico.

Una vez conceptualizada la TCTA como IEC, se identificaron y definieron las ventanas, consolas, cabina e iluminación como los componentes esenciales. Esto se logró por una evaluación ergonómica realizada en la TCTA del AICM durante los meses de mayo a junio de 2015 que consistió en entrevistas, levantamientos fotográficos y arquitectónicos, estudios de iluminación y simulaciones de campo visual mediante la cual se detectaron las cualidades de diseño espaciales y comunicativas de los componentes mencionados y sus problemáticas tanto específicas como genéricas.

Finalmente, se propuso el **Instrumento de Diagnóstico Rápido del Diseño Comunicativo de las Estaciones de Trabajo de los CTA para Torres de Control**. Dicho instrumento provee el **Índice de Desempeño de Consolas, Ventanas, Cabina e Iluminación** cuyo propósito es facilitar la comprensión de la efectividad y eficiencia espacial comunicativa en el diseño de las estaciones de trabajo de los CTA, y comparar resultados entre distintas TCTA.

Este instrumento se aplicó en la TCTA del AICM, lo cual permitió determinar que, de pasar por un proceso de validación, promete un impacto positivo en el diseño de las TCTA en general.



Foto: AICM Terminal 1. Archivo SENEAM.



Capítulo 1

Planteamiento del Problema

Este proyecto de investigación surge a partir de mi experiencia previa como arquitecto cuando me vi involucrado en el proyecto de modernización de la Torre de Control del Tráfico Aéreo (TCTA) del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM). En esta experiencia detecté que los Controladores de Tráfico Aéreo (CTA) trabajan bajo presión constante y con una alta carga laboral por la cual ellos deben de mantener atención constante por largos periodos de tiempo. En algunas ocasiones, los CTA son conscientes de que existen ciertas necesidades de diseño no atendidas en sus estaciones de trabajo; en otras, ellos asumen las carencias de diseño como parte de sus responsabilidades laborales. Es por ello que se determinó **necesario**, optimizar el estudio del diseño de las estaciones de trabajo de los CTA en las Torres de Control del Tráfico Aéreo.

En la práctica profesional, la resolución del problema de diseño de este tipo de estaciones de trabajo se aborda actualmente desde la arquitectura, ergonomía y normativas existentes que resultan poco específicas. En primera instancia, la práctica actual de la **Arquitectura**, resulta insuficiente debido a que el concepto más cercano

que se maneja en ésta es el de la accesibilidad, que habla sobre la posibilidad de habitar un lugar, que no es igual al estudio de actividades comunicativas en el espacio. En segundo lugar, la práctica de la **Ergonomía** permite diseñar estaciones de trabajo enfocándose en interacciones preponderantemente físicas, pero no concreta la comunicación espacial. Finalmente, la **Organización de Aviación Civil Internacional** (OACI) establece normas y recomendaciones diseñar las consolas, ventanas, cabina e iluminación, pero se limitan más a las cuestiones constructivas que al desarrollo crítico enfocado en sus cualidades espaciales comunicativas. Asimismo, existen **normas y estándares** como el ISO 11064 Diseño Ergonómico de Centros de Control (ISO, 2013) que trata la ergonomía y usabilidad en los Centros de Control (CC) pero que su generalidad impide un diseño específico para las TCTA.

Por ello, en muchas ocasiones, los CTA perciben que sus necesidades en torno al diseño de sus estaciones de trabajo no son bien atendidas y sin embargo no pueden ser concretadas debido que no existen estudios óptimos que faciliten su diagnóstico.

1.2 Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son los componentes de diseño espacial comunicativo esenciales en las estaciones de trabajo de los CTA en las TCTA?
- ¿Cómo afecta su diseño al trabajo de los CTA?
- ¿Cómo puede ser optimizado el diagnóstico de su diseño espacial comunicativo?

1.3 Hipótesis

- Los componentes de diseño espacial comunicativo esenciales de las estaciones de trabajo de los CTA en las TCTA son consolas, ventanas, cabina e iluminación;
- Su diseño afecta el trabajo y desempeño comunicativo de los CTA;
- Su diagnóstico puede ser optimizado mediante un instrumento que califique cualidades de diseño espaciales comunicativas.

1.4 Objetivo General

- Optimizar el estudio y diagnóstico del diseño espacial comunicativo de las estaciones de trabajo de los CTA en las TCTA con un instrumento de diagnóstico rápido.

1.5 Objetivos Particulares

- Describir el panorama sistémico y organizacional en torno a la aviación civil en México.
- Elegir la TCTA del AICM como caso de estudio.
- Identificar las teorías que proveen una visión holística del diseño de sistemas espaciales comunicativos.

- Visualizar las TCTA como Interfaces Espaciales Comunicativas.
- Detectar los componentes de la TCTA-IEC y sus problemáticas con una evaluación ergonómica en la TCTA-IEC.
- Clasificar, según las variables de Usabilidad en el contexto comunicativo, las consolas, ventanas, cabina e iluminación como elementos esenciales de las estaciones de trabajo de los CTA en las TCTA.
- Proponer un instrumento de diagnóstico rápido de dichos elementos según su clasificación.
- Discutir la utilidad y beneficios del instrumento basándose en su aplicación en la TCTA-IEC del AICM.

1.6 Justificación

La investigación beneficia **al Diseño como disciplina y al Control del Tráfico Aéreo** en diversos niveles. A nivel general, provee una nueva visión de las estaciones de trabajo que impacta en la práctica del diseñador, pues posibilita clasificar las estaciones de trabajo como Interfaces Espaciales Comunicativas (IEC), con el fin de localizar cualidades que sirven como métricas del diseño espacial comunicativo según el desempeño laboral; y optimizar su estudio, diagnóstico y diseño. A nivel específico, permite relacionar el desempeño del CTA con las cualidades de diseño de sus estaciones de trabajo y por tanto, optimizar las investigaciones ergonómicas pertinentes para mejorar dichas estaciones en diversas Torres de Control.

Dentro del grupo de **usuarios beneficiados**, están principalmente los **Controladores de**



Tráfico Aéreo de las TCTA quienes, en sus estaciones de trabajo, afrontan frecuentemente situaciones de incomodidad, fatiga y estrés, las cuales pueden ser atacadas al comprender de forma concreta sus necesidades en torno al diseño de sus estaciones de trabajo.

Las aportaciones y beneficios mencionados podrán ser recuperados en la construcción del Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México (NAICM) que se contempla terminar en 2020. Este beneficio es palpable en el sentido de que el **Instrumento de Diagnóstico Rápido del Diseño Comunicativo de las Estaciones de Trabajo de los CTA para Torres de Control** permite aplicarse en distintas TCTA inclusive en aquellas que se encuentran todavía en proyecto de diseño, de tal forma que la información de proyecto presentada pueda acercarse en lo posible a las necesidades del CTA. Esto significará la optimización de recursos en el diseño, estudio y construcción de las estaciones de trabajo mencionadas.

1.7 Precedentes y Estado del Arte

En cuanto a materiales existentes relacionados con la problemática mencionada, existen normativas y guías de diseño que tratan la interacción humano-computadora (HCI), Ergonomía, Usabilidad, y la Aeronáutica (Bevan, 2001; OACI, 1997). Sin embargo, éstas giran en torno al diseño de interfaces digitales o a aspectos constructivos (Tabla 1), mientras que cuestiones de las cualidades interactivas de la cabina, ventanas, consolas e iluminación de la TCTA permanecen muy generales.

En cuanto a investigaciones en proceso, existen algunos estudios relacionados que tratan sobre la automatización del Control del Tráfico Aéreo. Entre ellos están:

- Torres de Control Remotas o Virtuales: Torres de Control del Tráfico Aéreo que no estarán necesariamente elevadas o inclusive dentro del aeropuerto, las cuales se planea que es-

Documentos Oficiales / Capacitación / Estándares							
Relacionados con Aeronáutica	Guía de Diseño para Torres de Control y Terminal Radar (FAA)	Anexo 14 Diseño y Operación de Aeródromos (OACI)	Plan Nacional de Aeropuertos; Ley de Aeropuertos; Plan Nacional de Desarrollo Aeroportuario	Licencias de Operación (DGAC)	Instrucción de personal Aeroportuario (ASA)	Capacitación de CTA (SENEAM)	Plan Maestro Aeroportuario (AICM)
Relacionados con Usabilidad e Interacción	ISO 20282: Usabilidad de Productos Cotidianos	ISO 9241: Requerimientos para el trabajo de oficina con VDT	ISO 14915: Ergonomía de Software para interfaz de usuario multimedial	ISO 11064: Diseño Ergonómico de Centros de Control	ISO 13407: Procesos de Diseño Centrado en el Humano para sistemas interactivos	ISO/DIS10075-1: Principios Ergonómicos relacionados a la carga mental- Términos Generales y Definiciones	ISO/TS 16071: Guía de accesibilidad para interfaces humano-computadora

Tabla 1: Documentos Oficiales, Capacitación, Normas y Estándares entorno a las TCTA.

tén informadas por un sistema de video que sustituya la necesidad de observar por ventanas (Norbert Fürstenau, Rudolph, Schmidt, & Werther, 2001). Este proyecto supone que las cámaras de video sean funcionales todo el tiempo, lo cual representa una debilidad en comparación a las Torres tradicionales.

- Torres de Realidad Aumentada: Las Torres de realidad aumentada o de visión aumentada (N. Fürstenau et al., 2009; Norbert Fürstenau et al., 2001) son un concepto que también se encuentra en desarrollo temprano y a diferen-

cia de las Torres Remotas o Virtuales, no son tan drásticas en el cambio sino que proponen que en las ventanas exista la proyección de datos varios meteorológicos o de alguna otra índole. Este proyecto representa una buena alternativa para modernizar torres existentes.

A pesar de que estos estudios son muy prometedores, no abarcan en su totalidad el análisis espacial comunicativo de las consolas, ventanas, cabina e iluminación en su complejidad dentro de las TCTA.



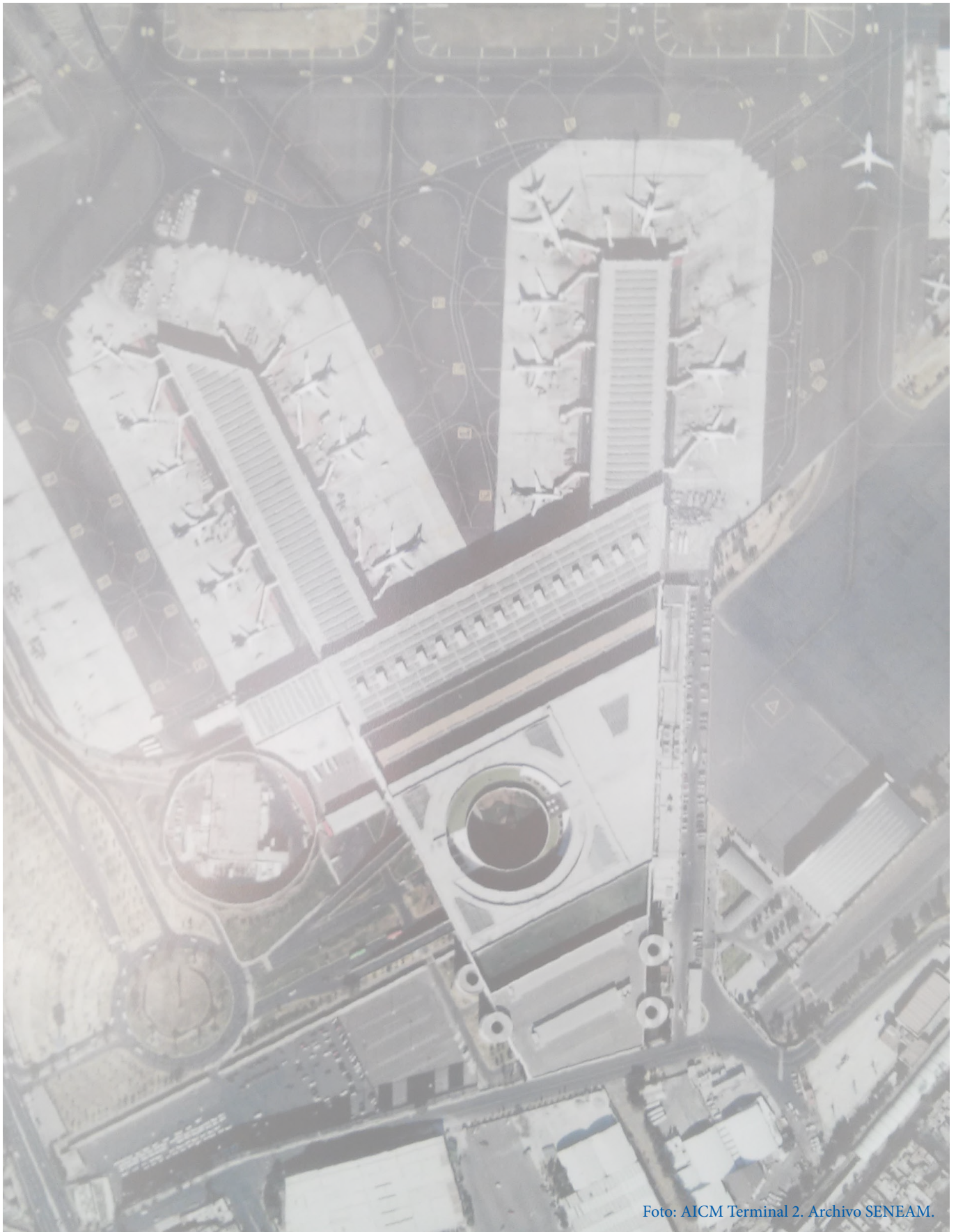


Foto: AICM Terminal 2. Archivo SENEAM.



Foto: AICM. <http://www.aviacionmexico.com/10-datos-interesantes-de-la-aviacion-en-mexico/>.

Capítulo 2

Panorama de la Aviación Civil en México

En este capítulo se describen a nivel general el desarrollo histórico y actual organización de la aviación civil en México; los sistemas de Control del Tráfico Aéreo, y se presenta el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM) como caso de estudio. Esta descripción se hace para brindar un panorama sobre cómo la Torre de Control del Tráfico Aéreo se encuentra ubicada en el contexto de la aeronáutica, así como para explicar sus funciones.

2.1 Desarrollo Histórico y Actual de la Organización de la Aviación Civil en México

Para entender la organización de la aviación civil en México es necesario comprender su relación con los organismos internacionales para posteriormente comprender el funcionamiento de los nacionales. Asimismo, es necesario entender la evolución histórica de dichos organismos.

En cuanto a su organización, a nivel mundial, la aviación civil está regulada y normada por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), fundada en 1947. Ésta se divide en comisiones que se dedican a la cooperación y coordinación de sendas actividades entre estados miembros. A nivel Latinoamérica, se desprende de la OACI la Comisión Latinoamericana de

Aviación Civil (CLAC). Finalmente, a nivel nacional, la institución gubernamental que regula los transportes es la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), que a su vez se divide en direcciones. Una de ellas es la Dirección General de Aviación Civil (DGAC), fundada con su actual denominación en 1958, que se dedica a fomentar el crecimiento de la aviación civil.

En cuanto a la evolución histórica, la aviación en México tiene precedentes que se remontan a 1920 con la creación la Oficina de Aviación Civil (ahora DGAC), donde las operaciones se realizaban sin contar todavía con una institución que brindara servicios de control de tráfico aéreo o que impulsara y administrara el desarrollo aeroportuario.

Con el fin de proveer servicios de radio ayuda a las aeronaves, en 1952 se crea la empresa privada Radio Aeronáutica Mexicana Sociedad Anónima (RAMSA), la cual en 1978, fue transformada por el gobierno federal mexicano en un órgano público descentralizado llamado Servicios a la Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano (SENEAM), que actualmente depende de la SCT y por tanto de DGAC.

Para administrar, operar y conservar los aeropuertos en México, así como para prestar servicios auxiliares, complementarios y comerciales;

en 1965 fue creado por decreto presidencial Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA). Bajo su administración están diversos aeropuertos, entre ellos, el Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (AICM), considerado el aeropuerto más importante a nivel nacional y de gran relevancia a nivel internacional (Ruíz & Díaz, 2003).

2.2 Sistema del Control del Tráfico Aéreo

El sistema de control del tráfico aéreo se integra de diversos centros de control (CC) operados por Controladores de Tráfico Aéreo. Dentro los CC, están (FAA, 2014):

rámico desde el cual el controlador del tráfico aéreo puede tener una visual sin obstáculos de patrones del tráfico aéreo entorno al aeropuerto”.

- Centro de Control de Aproximación o Terminal Radar: Usan sensores de radar terminal para asistir a las aeronaves hasta que alcanzan el borde del espacio bajo su responsabilidad, generalmente de 20 a 50 millas del aeropuerto y hasta 17,000 pies de altura, antes de pasar el control al Centro de Control Ruta.
- Centro de Control Ruta: Los CTA en esta instalación controlan el tráfico a 17,000 pies o más y tienen en general un espacio de 100,000

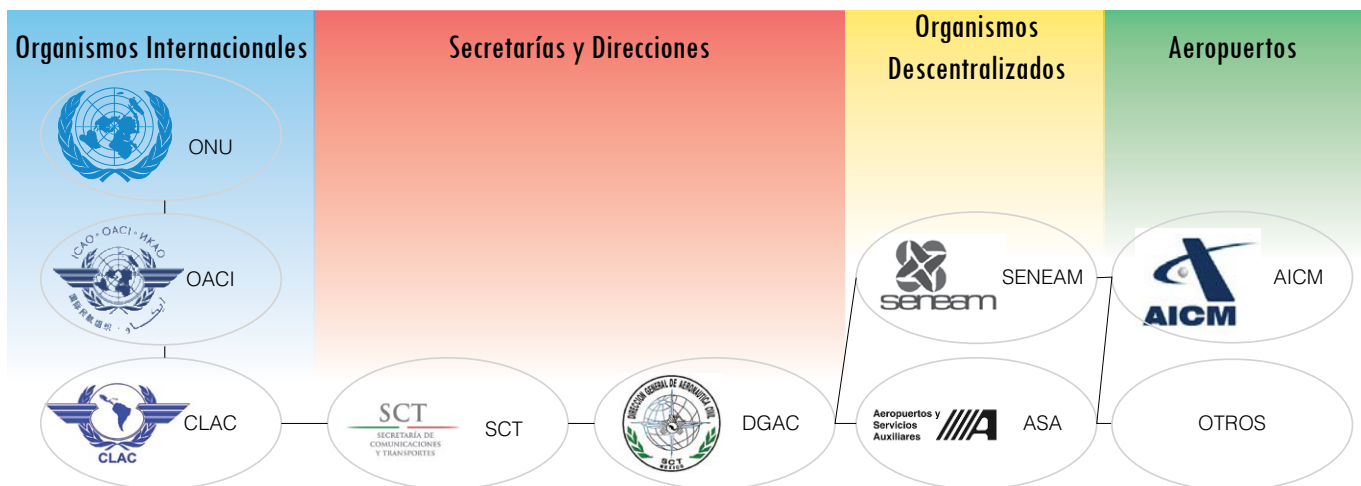


Figura 1: Sistema Organizacional de la Aviación en México..

- Torres de Control del Tráfico Aéreo (TCTA): Con ellas, se administra y controla el tráfico desde el aeropuerto hasta un radio de 3-30 millas. En la Torre se generan las instrucciones de rodaje, despegue y aterrizaje; autorizaciones de operaciones, y asesoramiento basado en la observación y experiencia de los CTA. Las TCTA sirven “como un punto pano-

millas cuadradas. Se dan instrucciones, autorizaciones y se asesora usando procedimientos manuales o bajo radar.

Los operadores de estas instalaciones son los Controladores del Tráfico Aéreo (CTA) que cuentan capacidades de discernimiento, agilidad mental, y manejo espacial de objetos, así como de toma de decisiones en diversas condiciones para



trabajar en equipo y responder en situaciones de riesgo y presión constantes. (SENEAM, 2014a). Estas capacidades giran en torno a la **conciencia situacional o conciencia sobre la situación**, que básicamente es hacer una representación mental de cómo está posicionado el CTA en relación a los elementos bajo su jurisdicción como las aeronaves, para tomar decisiones de trabajo. Dentro de los conocimientos y habilidades específicos de los CTA en México están (SENEAM, 2014a):

- Habilidades
- Meteorología aeronáutica.
- Operaciones aéreas.
- Legislación y reglamentación aeronáutica nacional e internacional.
- Conocimientos
- Manejo del idioma Español e Inglés técnico aeronáutico (fraseología estándar).
- Comunicaciones Aeronáuticas.
- Toma de decisiones bajo funcionamiento normal y emergencia.
- Coordinación entre pilotos, controladores y personal aeronáutico.
- Brindar instrucciones de manera clara, preci-

sa y rápida para la correcta realización de las maniobras requeridas.

- Seguimiento de aeronaves, considerando los márgenes de seguridad necesarios.
- Estimación precisa de la situación general y específica de la aeronave y los factores que inciden en el desarrollo de un vuelo.
- Sistematizar la información sobre la posición de aeronaves, condiciones de aeropuerto y condiciones meteorológicas.
- Planeación, programación, desarrollo y evaluación del movimiento de aeronaves, tanto en tierra como en el aire para prever y visualizar de manera anticipada diferentes escenarios de control y dar instrucciones correspondientes.

2.3 Sistema Aeroportuario

El control del tráfico aéreo comienza y termina en los aeropuertos, específicamente en las plataformas, que son los sitios donde las aeronaves embarcan y desembarcan equipaje y pasajeros. Próximas a ellas están las calles de rodaje donde las aeronaves se desplazan para, ya sea colocarse

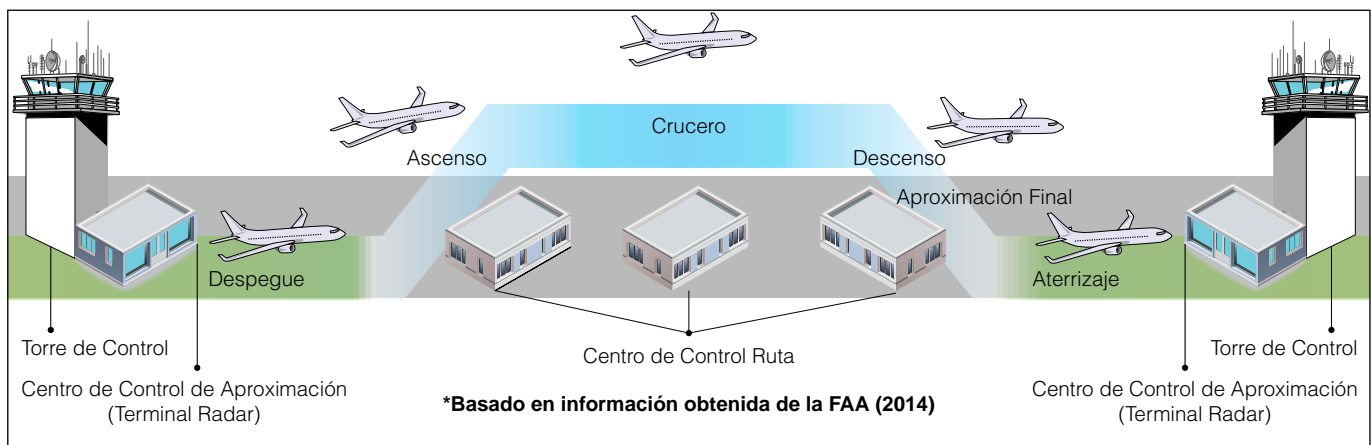


Figura 2: Sistema de Control del Tráfico Aéreo.

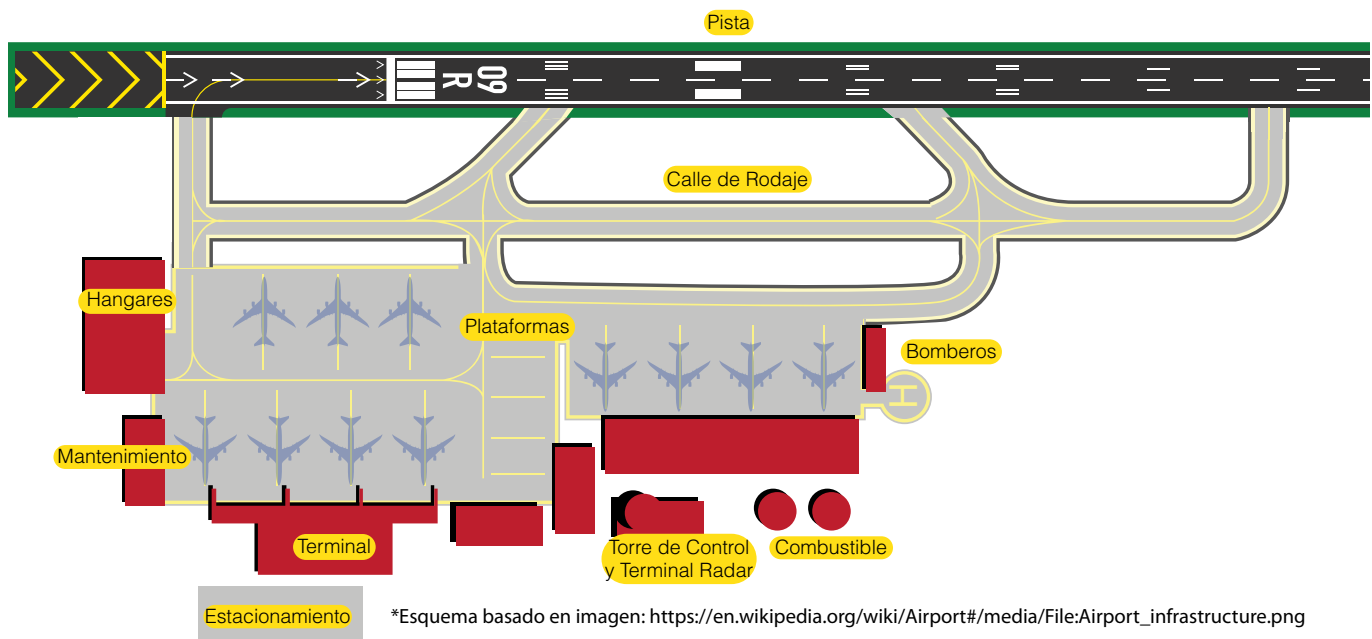


Figura 3: Sistema/Programa Aeroportuario.

en las cabeceras de las pistas y esperar su turno para despegar, o para acceder a las plataformas y desembarcar (Figura 3). Estas instalaciones son las áreas de jurisdicción principales de los CTA en las TCTA.

2.4 Sistema de Torre de Control del Tráfico Aéreo

Dentro de la TCTA, las tareas para controlar las operaciones de aterrizaje y despegue se distribuyen entre CTA trabajando en *posiciones*, que son estaciones de trabajo donde se realizan tareas específicas del control del tráfico aéreo. Entre las *posiciones* están:

- **Control de Helicópteros:** Se dedica a controlar las operaciones de helicópteros entorno al aeropuerto. Esta posición existe únicamente si el aeropuerto posee un helipuerto si el tránsito de helicópteros es muy importante.
- **Control Terrestre:** Se dedica a controlar y or-

denar el rodaje de las aeronaves desde la plataforma o rampa hasta la pista y viceversa. El operador que controla en esta posición varía dependiendo de qué cabecera será ocupada por la aeronave. Esto sucede por la ubicación de las terminales o la dirección que tomará la aeronave. En la Torre del AICM existen tres funciones: Norte, Sur Centro, y Sur Este.

- **Control Aéreo (conocido también como Torre):** Se encarga de las pistas, autorizando a las aeronaves el aterrizaje o despegue. Internamente tiene la posición para un Coordinador y para un CTA, aunque en el AICM se contempla también la posición de Salidas (actualmente en el AICM Salidas está en el CCR).
- **Autorizaciones:** Se dedica a revisar y autorizar el plan de vuelo y ruta antes de que empiece el rodaje de la aeronave para su despegue, así como comprobar que las condiciones



meteorológicas permitan las operaciones. En algunos aeropuertos (como en el AICM) esta posición incluye el Sistema de Recuperación por Desastre, que se dedica a generar un respaldo de la información en caso de falla técnica, y el sistema de Metering, que es para gestionar retrasos.

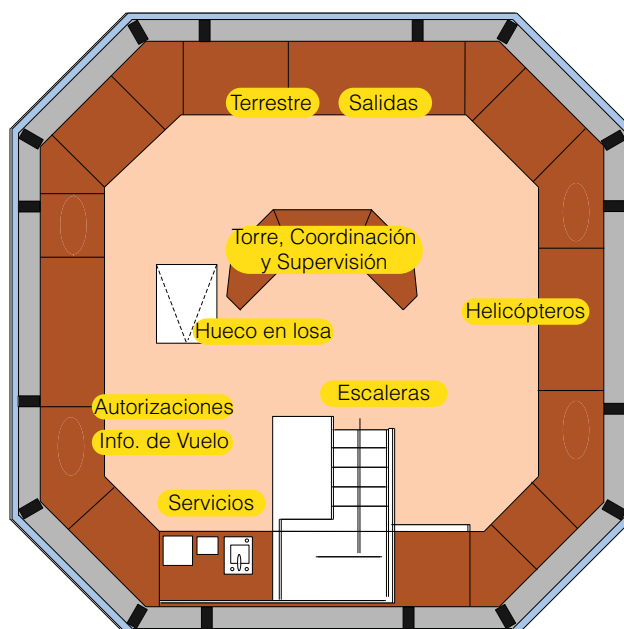
- **Supervisión:** Provee apoyo a los CTA en las distintas posiciones y da órdenes sobre procedimientos. Brinda soporte cuando existen fallas en la comunicación y puede proveer capacitación a estudiantes de CTA. A su vez, se finge como enlace comunicativo entre CTA, ingenieros técnicos, mantenimiento y administración.

Para que funcionen las posiciones descritas, a nivel general se debe de contar con dos elementos: la visual al aeropuerto a través de las ventanas y los instrumentos, que brindan información y permiten la comunicación entre CTA y Capitanes de Vuelo. (Figura 5).

Existen TCTA que cuentan con pocos instrumentos que brinden información sobre el vuelo de las aeronaves, así como existen las que cuentan con alta tecnología en los sistemas de aterrizaje instrumental (ILS) y que pueden trabajar con poca visibilidad. Sin embargo, dentro de los propósitos de la TCTA siempre está el contar con la información visual.

2.5 Historia del AICM

El Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México es un aeropuerto de gran importancia a nivel nacional e internacional, debido a que conecta la



*Esquema basado en el Apéndice 3 de Airport Traffic Control Tower and Terminal Radar Approach Control Facility Design Guidelines, FAA

Figura 4: Sistema/Programa de Torre de Control del Tráfico Aéreo.

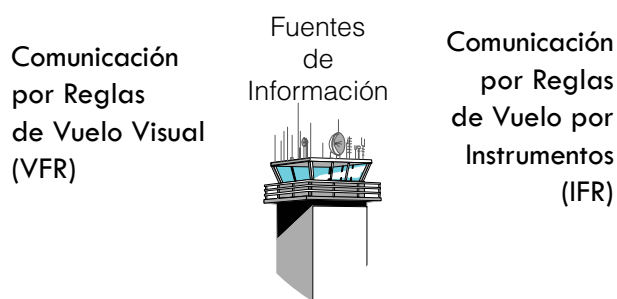
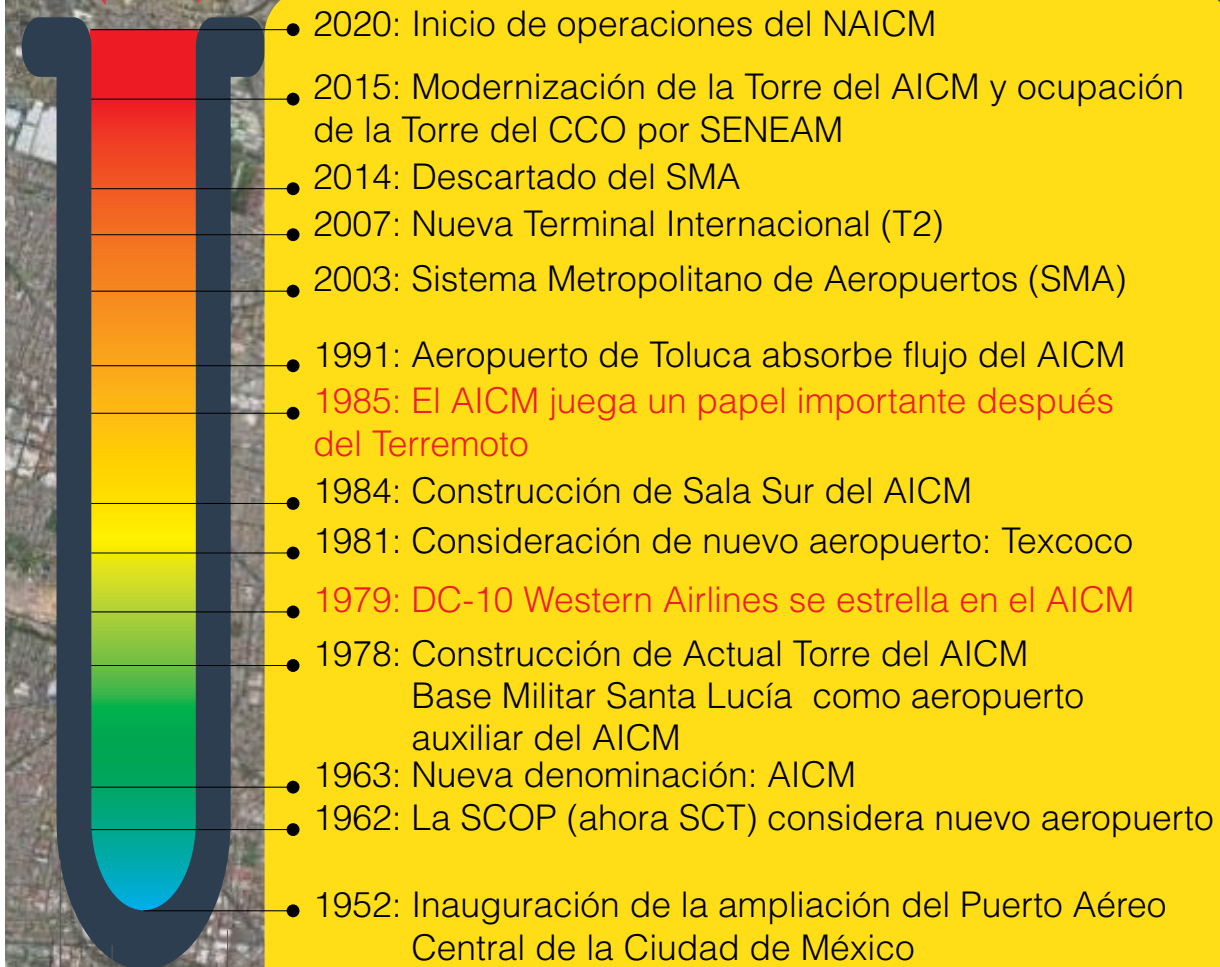
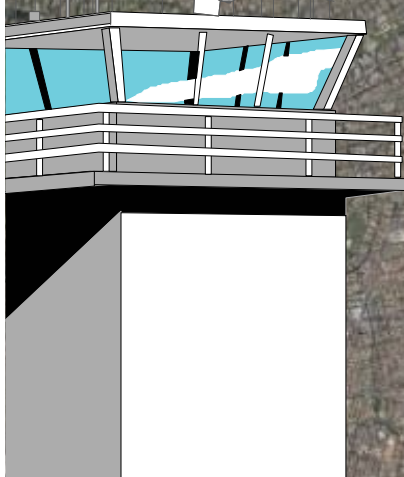


Figura 5: Fuentes de Información para el Servicio de Vuelo.

Capacidad del AICM a lo largo de los años



Información obtenida de la obra de Ruiz y Díaz (2003)



1921
(Algarín)

1915-1929
(Aeródromo Nacional de Balbuena)

Figura 6: Capacidad del AICM y Evolución Histórica.



~1 Operación por Minuto



~410,000 operaciones por año

~1,123 operaciones diarias

61 operaciones por hora (max)

46 operaciones por hora (prom.)

Información obtenida de www.aeropuerto.gob.mx
enero 2016

2020-
(NAICM)

Puntos Ciegos



Alta Carga Laboral



Operaciones no simultáneas



1952-2020
(AICM)

1929-1952
(Puerto Aéreo)

capital mexicana con el resto del país y el mundo, sirve de conexión para vuelos nacionales e internacionales y posee un gran número de operaciones. Su importancia también está relacionada con el inicio de la aviación en México.

Sus precedentes se remontan a 1910 con la utilización de los llanos de Balbuena, que cinco años más tarde se convertiría en aeródromo nacional. Posteriormente, debido a inundaciones, se trasladaron las actividades aeronáuticas a otros sitios y no fue sino hasta 1929 que se crea el Puerto Aéreo Central que hasta 1952 llevaría la actual denominación AICM (Ruíz & Díaz, 2003).

La capacidad del Puerto Aéreo Central se ve cuestionada desde 1962 cuando la Secretaría de Comunicaciones y de Obras Públicas (SCOP, ahora SCT) considera un nuevo aeropuerto. Sin embargo, la nueva denominación internacional en 1963 lleva al desarrollo de instalaciones más grandes y mejores.

En **1978 se construye la actual Torre de Control del Tráfico Aéreo** en sustitución de la anterior, para cubrir con las necesidades de crecimiento del tráfico aéreo. Sin embargo, para 1981 se considera que el crecimiento es tal que un nuevo aeropuerto es otra vez necesario. Éste se construiría en Texcoco, pero no se concreta, por lo cual se siguen ampliando las instalaciones aeroportuarias: la sala sur, en 1984; y la terminal internacional en la T1, en 1994.

En la década de los noventas se intenta reducir el tráfico aéreo del AICM usando como sedes alternas los aeropuertos internacionales de Toluca, Cuernavaca y Querétaro. Es por ello que para el 2003 se establece el Sistema Metropolitano de Aeropuertos (SMA) que pretendía ofrecer una

solución integral al problema de capacidad del AICM, la cual estaba ya excedida desde 1995. Al mismo tiempo, se decide en 2003 incrementar un poco más la capacidad aeroportuaria y en 2007 inicia operaciones la nueva Terminal 2. Sin embargo, estos esfuerzos resultan insuficientes y en 2014 se descarta el SMA y se concreta la propuesta de **construir en Texcoco el Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México** (NAICM).

Para soportar la transición, en 2015 SE-NEAM ocupa la Torre del Centro Control Operativo (CCO) (instalación dedicada a servicios aeroportuarios) para extender las funciones de la TCTA de tal forma que se mejore la visibilidad aeroportuaria. Asimismo, moderniza las instalaciones de la TCTA principal para aumentar su capacidad.

2.6 Vulnerabilidades del AICM

El AICM es un aeropuerto que opera constantemente en su máxima capacidad, lo cual impacta en el trabajo del CTA. Por un lado, las instalaciones aeroportuarias ya no pueden crecer, situación que impide la optimización de operaciones para que sean simultáneas. Por otro lado, a anualmente se controlan cerca de 410,000 operaciones (SCT, 2014), siendo uno de los aeropuertos más transitados del país. Esto quiere decir que en momentos de alto tráfico, el CTA controla hasta 1 operación por minuto en jornadas de 12 horas, alternando turnos nocturnos, situación que implica una alta demanda laboral.



2.7 Síntesis: La Relación Compleja de los Sistemas en torno a las TCTA

El diseño del sistema TCTA es multifactorial y por lo tanto complejo, pues corresponde a las relaciones con otros sistemas más amplios de los cuales éste es parte: el sistema organizacional, que se rige por convenios y normas tanto internacionales como locales; el sistema del Control del Tráfico Aéreo, que consiste en la coordinación de diversos Centros de Control (CC); y el sistema aeroportuario, elemento de jurisdicción de

los controladores de las TCTA (Figura 7). Todos estos sistemas presentan características sociales y técnicas. Por ello, es necesaria una visión holística que caracterice a la TCTA y sus relaciones con otros sistemas en dichos términos.

En México, el AICM representa un caso de estudio pertinente por sus problemáticas, porque ha sido central en el desarrollo histórico y organizacional de la aviación en nuestro país, y porque su análisis puede impactar positivamente en su predecesor inmediato: Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México (NAICM).

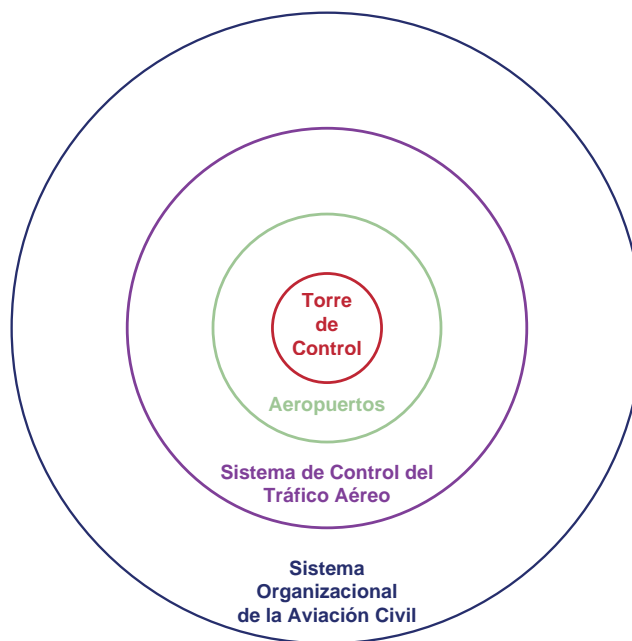


Figura 7: Relación de Sistemas en torno a la Aviación Civil.

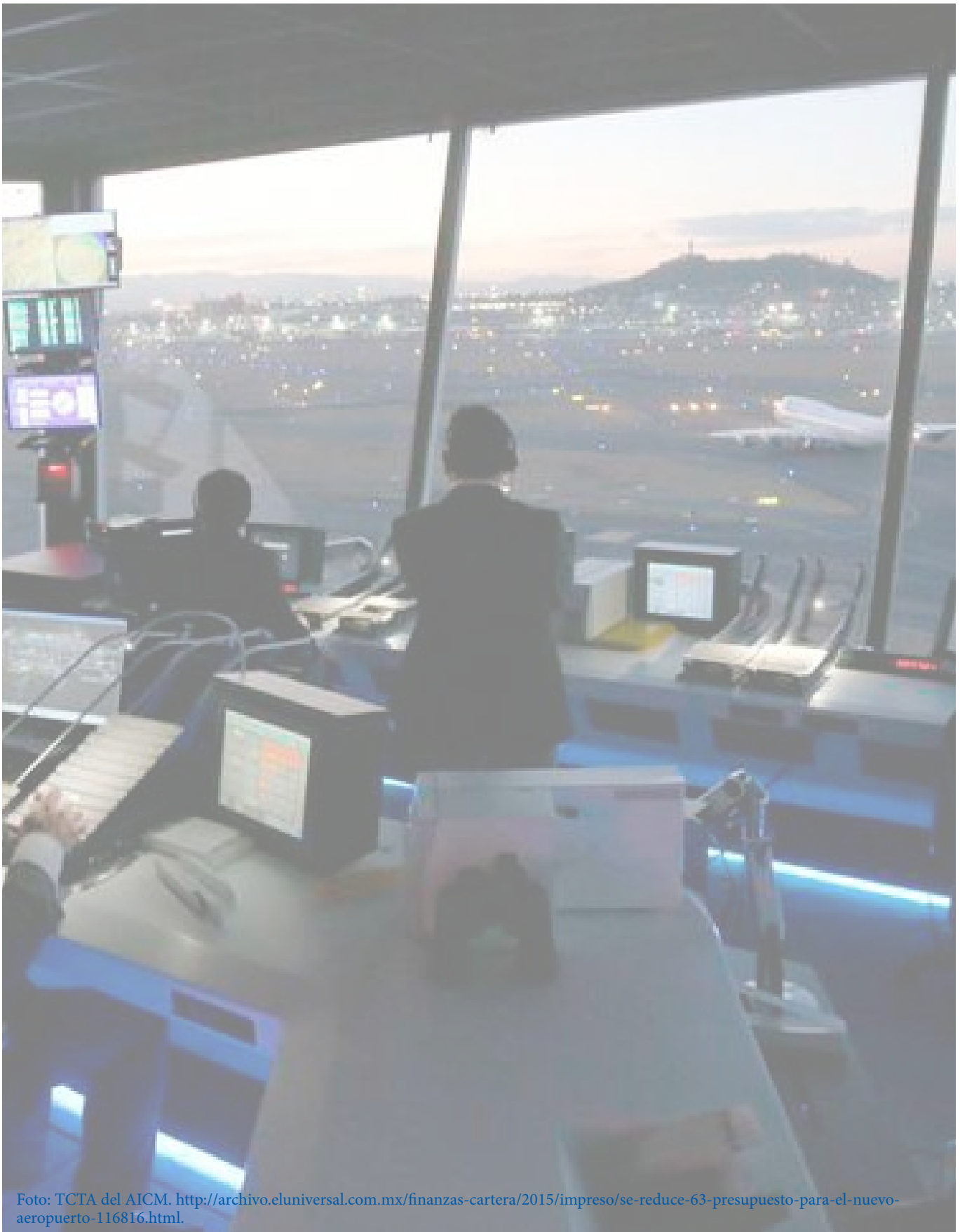


Foto: TCTA del AICM. <http://archivo.eluniversal.com.mx/finanzas-cartera/2015/impreso/se-reduce-63-presupuesto-para-el-nuevo-aeropuerto-116816.html>.



Capítulo 3

Propuesta de Análisis

Interfaces Espaciales Comunicativas

En este capítulo se identifican las teorías que proveen un **marco analítico** de la complejidad de los espacios interactivos, visualizándolos como Interfaces Espaciales Comunicativas (IEC). Para ello, se describirán la **Teoría de Sistemas**, como la proveedora de una visión general sobre los sistemas, su funcionamiento y su magnitud; la **Cibernética y Teoría de la Comunicación**, para

describir los sistemas con componentes sociales; la **Ergonomía**, como una disciplina enfocada en el bienestar y desempeño del usuario, así como el óptimo funcionamiento del sistema Actividad-Entorno-Objeto-Usuario (A-E-O-U); y la **Usabilidad**, como una forma de comprender las interacciones en el sistema ergonómico (Figura 8).



Figura 8: Marco Teórico de la Investigación.

3.1 Teoría de Sistemas

La Teoría de Sistemas es una ciencia interdisciplinar que tiene como objeto el estudio comparativo de los sistemas, los cuales son un conjunto de elementos interconectados que influyen entre sí para asistir el alcance de una meta establecida. Entre las características de este tipo de sistemas están (Gibson, 2007; Stichweh, 2008):

- La **interdependencia** de las partes del sistema;
- La **referencia** de cualquier estructura y proceso en del sistema con su entorno;
- La **organización** propia del sistema como forma principal para responder a intervenciones externas;
- La **adaptabilidad** para ajustarse elementos inmediatos o futuros;
- El logro de **objetivos**;
- La **integración** de elementos del sistema; y
- El mantenimiento de **patrones** a largo plazo.

Para conocer cómo los sistemas logran sus metas y objetivos, es posible establecer un **Índice**

de Desempeño, que indica qué tan eficiente es el sistema para alcanzarlas. En el caso de las TCTA, el Índice de Desempeño podría indicar qué tan eficientes son para posibilitar el trabajo comunicativo de los CTA. Sin embargo, antes de establecer tal índice, es necesario entender la comunicación como actividad.

3.2 Cibernética y Teoría de la Comunicación

La Cibernética es la Teoría de Sistemas de Control que analiza:

- La comunicación (transferencia de comunicación) en el interior de un sistema y en su entorno; y

El control (retroalimentación) de la función sistémica con respecto al entorno (von Bertalanffy, 1973); y

Mecanismos de **retroalimentación** (von Bertalanffy, 1973; Wiener, 1961).

Para ilustrar el esquema comunicativo, la es-

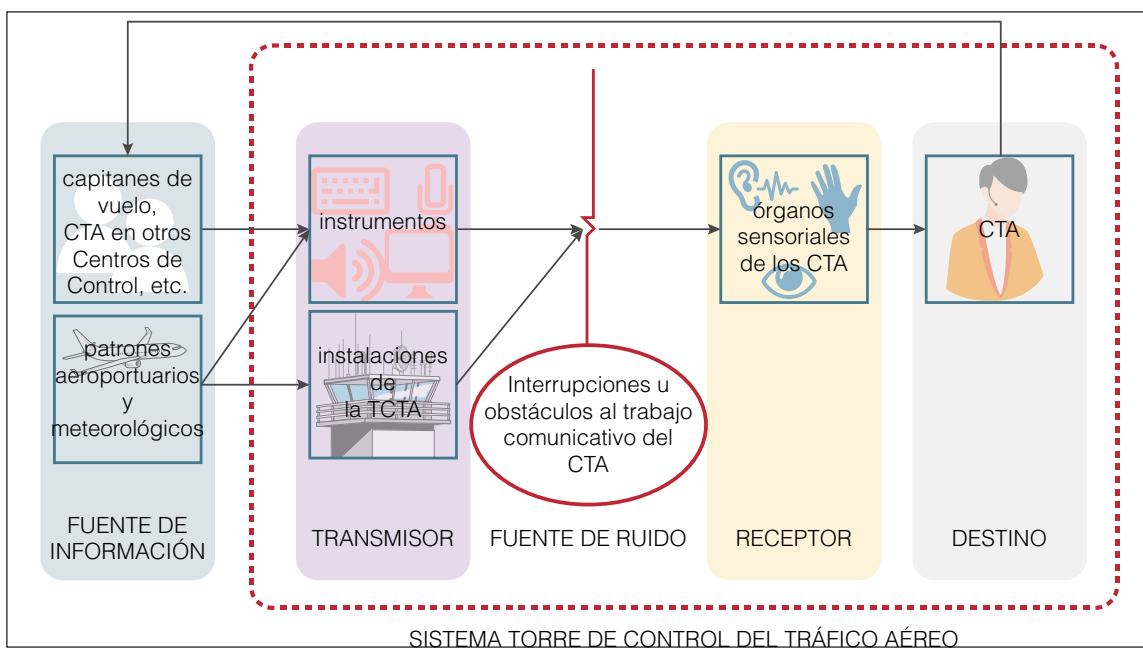


Figura 9: Sistema Comunicativo TCTA.

estructura básica que propone Shannon (2001) resulta conveniente:

- Fuente de información: Produce un mensaje o secuencia de mensajes a ser comunicados a la terminal receptora.
- Transmisor: El cual opera en el mensaje de alguna forma para producir una señal adecuada para la transmisión en el canal.
- Canal: Es el medio usado para transmitir la señal entre el transmisor y el receptor.

internas de *ruido* residen en el diseño de dichos elementos de los cuales disponen los CTA para hacer su trabajo comunicativo.

El conjunto de instalaciones e instrumentos forman la **estación de trabajo** del CTA, la cual debe de presentar un diseño centrado en sus necesidades laborales y capacidades profesionales. Las bases para este tipo de diseño las estipula el Diseño Centrado en el Usuario (DCU).

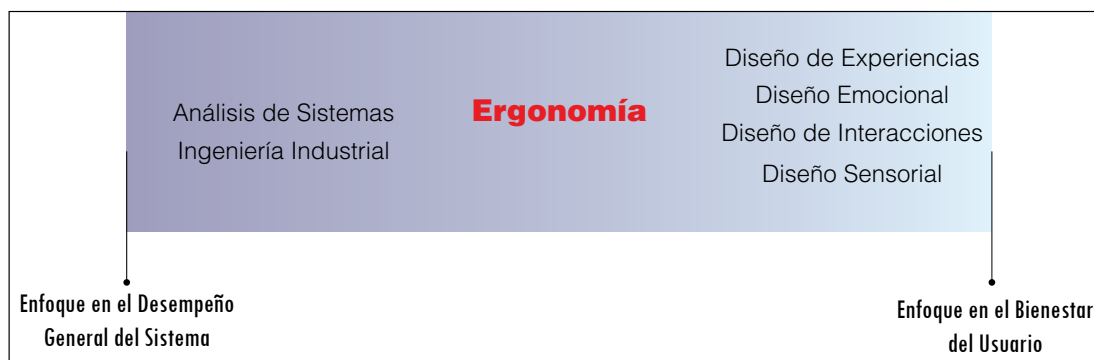


Figura 10: Posibilidades de Análisis de Sistemas Socio-técnicos y Cibernéticos.

- Receptor: Ordinariamente desempeña la operación inversa a la hecha por el transmisor.
- Destino: Es la persona (u objeto) para quién el mensaje es hecho.
- Ruido: elementos en la señal que no forman parte del mensaje y que por tanto afectan la interpretación del mensaje.

Bajo las consideraciones que plantea la cibernética, se puede interpretar la TCTA como un sistema comunicativo (Figura 9) debido a que el trabajo de los CTA es comunicativo y por tanto, trata del intercambio de información. Dicha información no sólo existe en la comunicación oral o escrita de los CTA sino que proviene de los componentes de sus estaciones de trabajo, como las ventanas, consolas o cabina. De esta forma, las fuentes

3.3 Diseño Centrado en el Usuario

Según Abras, Maloney-Krichmar, & Preece (2004), el Diseño Centrado en el Usuario (DCU) es un término para describir el proceso de diseño en el cual los usuarios finales influyen en el diseño de productos (espacios, servicios, objetos, etc.) bajo los siguientes parámetros:

- Facilitar la determinación de las acciones posibles en cualquier momento.
- Hacer las cosas visibles, incluyendo el modelo conceptual del sistema, las acciones alternativas, y el resultado de ellas.
- Facilitar la evaluación del estado actual del sistema.
- Seguir mapeos naturales entre intenciones y acciones requeridas; entre las acciones y el

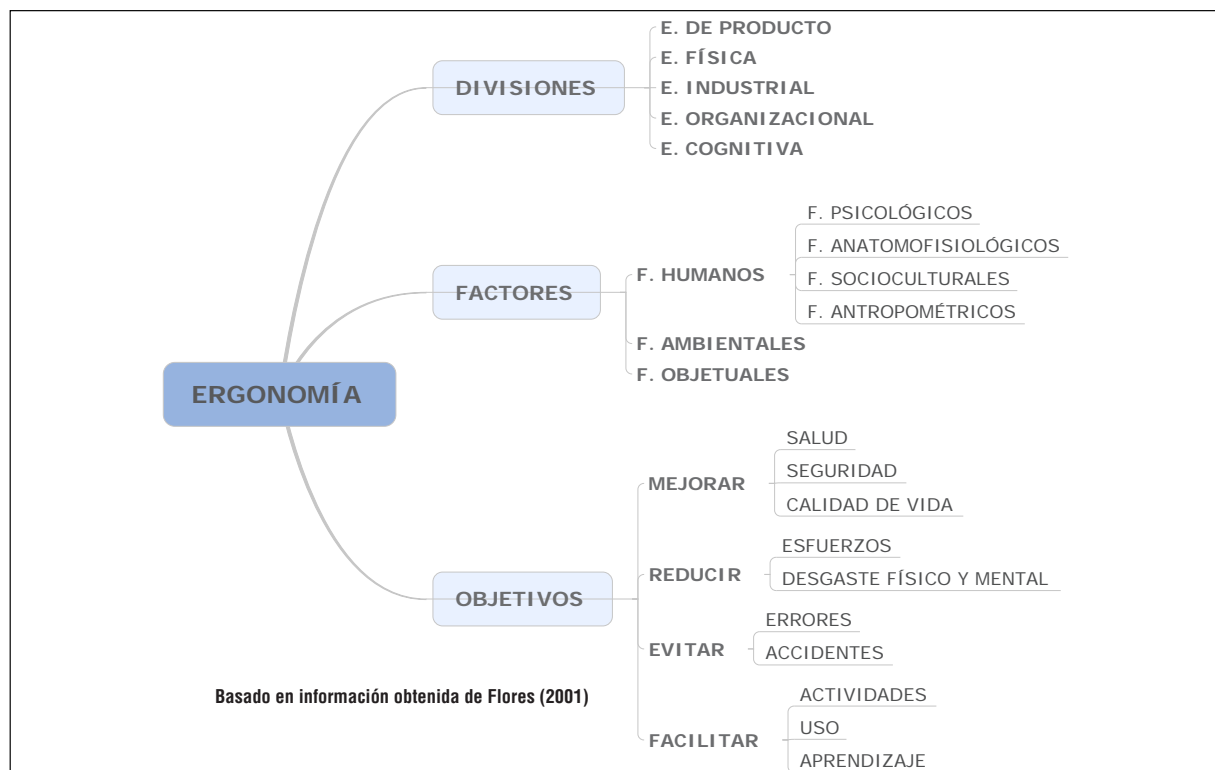


Figura 11: Ergonomía y sus Alcances.

efecto resultante; y entre la información que es visible y la interpretación del estado del sistema (Norman & Draper, 1986).

Estos parámetros hablan de la interacción entre el usuario y los elementos del diseño con el fin de facilitar ciertas actividades que responden a una meta sistémica. Esto corresponde con las TCTA, debido a que los CTA interactúan entre ellos y con sus estaciones de trabajo para realizar sus actividades comunicativas. Para evaluar la forma en que se optimiza el desempeño sistémico existe la Ergonomía. Facilitar la evaluación del estado actual del sistema.

3.4 Ergonomía

La Asociación Internacional de Ergonomía (IEA, 2000) define la Ergonomía como: “...la disciplina científica interesada en el entendimiento de las interacciones entre humanos y otros elementos de un

sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos, y otros métodos para diseñar con el fin de optimizar el **bienestar humano y el desempeño general del sistema**”. Los objetivos, divisiones y factores de la Ergonomía se pueden ver en la Figura 11 (Flores, 2001).

Dado a que se ha hablado hasta ahora de los sistemas espaciales comunicativos, donde el CTA es el usuario final y por lo cual se debe de diseñar centrado en sus responsabilidades y capacidades, que son comunicativas, es conveniente particularizar en los aspectos perceptivos, ilustrados por la Ergonomía Cognitiva.

3.5 Ergonomía Cognitiva

Según Hollnagel (1997), la Ergonomía Cognitiva, es el estudio de la relación trabajo-mente y sus efectos, sumando las consideraciones trabajo-cuerpo que la ergonomía clásica propone. Su enfoque es el



diseño de sistemas con características de sistemas cognitivos conjuntos (por ejemplo, el **operador y sus herramientas de trabajo**), donde la calidad del trabajo depende del entendimiento de la situación por parte de la persona (metas, medios, límites y restricciones). Por ello, el diseño de un sistema de trabajo depende particularmente de la conceptualización de tanto los usuarios en el sistema (en este caso, los CTA) como de sus procesos cognitivos y perceptivos.

Por un lado, la percepción es la aprehensión de un objeto-sensible ordinario en la ocasión de estimulación sensorial que puede ser descompuesta en percepción (visual, táctil, háptica, somestésica, olfativa y auditiva) o sistemas de recolección de información, los cuales son (Lean, 1999; Neisser, 1994; Rowlands, 1999):

- Percepción/Acción Directa, la cual nos permite percibir y actuar efectivamente en el entorno local.
- Percepción/Reactividad Interpersonal, la cual subyace nuestra interacción social inmediata con otros seres humanos.
- Representación/Reconocimiento, por la cual nosotros identificamos y respondemos apropiadamente a objetos familiares y situaciones.

Por otro lado, la cognición es un proceso por el cual las entradas sensoriales son transformadas, reducidas, elaboradas, almacenadas, recuperadas y usadas. Sin embargo, estos procesos pueden proceder aun en la ausencia de estimulación relevante, como el caso de imágenes, recuerdos y alucinaciones, por ello la cognición es un *epifenómeno* de la percepción.

Los términos relevantes en torno a procesos o estados hipotéticos generales de la cognición

son **sensación, percepción, imaginación, retención, apelación, resolución de problemas, y pensamiento**, entre otras (Hollnagel, 1997; Neisser, 1994).

Algunos procesos específicos de interés según las capacidades cognitivas de los CTA relacionadas con su trabajo son (Durso & Nickerson, 2007):

- Conciencia sobre la Situación: la percepción de elementos en el entorno en un volumen de tiempo y espacio, la comprensión de su significado y la proyección de su estatus en el futuro cercano.
- Atención Selectiva: Se refiere a la habilidad de procesar selectivamente algunas fuentes de información mientras otras se ignoran.
- Atención Dividida: Se refiere a la habilidad de desempeñar dos o más tareas o actividades concurrentes. Debido a que las capacidades humanas son limitadas la atención dividida va en función a la prioridad de procesamiento.
- Atención Sostenida: Se refiere a la habilidad de mantener el foco de atención por tiempos prolongados.

Cuando existe diferencia entre las demandas de la tarea y la habilidad de la persona para dominarlas se habla de **carga cognitiva**, que se divide en:

- Intrínseca: una forma de capturar la diferencia entre las exigencias cognitivas que son propias con la dificultad de los materiales por ser aprendidos.
- Ajena: aquella que resulta del procesamiento innecesario impuesto por un diseño pobre.
- Pertinente: el esfuerzo mental invertido en actividades cognitivas relevantes que es intuitivo y claro a primera vista (Gog, Paas, & Sweller, 2010; Stassen, Johannsen, & Moray, 1990).

Con el entendimiento de la percepción y la cognición, se puede deducir que para que el CTA realice con éxito sus actividades comunicativas, éste debe

poseer una considerable conciencia sobre la situación, seleccionar la información pertinente, dividir la atención sólo cuando es sumamente necesario y sostenerla por largos periodos de tiempo, según la cantidad de operaciones a controlar. Asimismo, se deduce que la carga cognitiva debe ser intrínseca y pertinente a la tarea y no causada por elementos ajenos como el diseño de su estación de trabajo.

Este estado cognitivo ideal del CTA está influido por la percepción de su estación de trabajo con la cual interactúa. Es por ello que es necesario entender la interacción como concepto, por lo cual está la Usabilidad, que permite estudiar las interacciones del usuario con el sistema con el fin de facilitar sus actividades.

3.6 Usabilidad

La Usabilidad, es la facilidad de usar un objeto, o conjunto de objetos en un espacio determinado (como las estaciones de trabajo de los CTA) por un usuario o conjunto de usuarios (P. Jordan, 2003; P. W. Jordan, 1998). Al mismo tiempo, es una forma de comprender la interacción entre estos dos elementos, y es el grado en el que un producto puede ser utilizado por usuarios específicos en un contexto de uso bajo las siguientes variables (ISO 9241-11, 1998):

- **Efectividad:** La precisión y la exhaustividad con la que los usuarios logran objetivos específicos; es decir, qué porcentaje de la tarea está hecha y con qué calidad.
- **Eficiencia:** Recursos invertidos en relación con la exactitud e integridad con la que los usuarios logran objetivos; es decir, el nivel de esfuerzo físico o mental con el que los usuarios alcanzan sus objetivos.

- **Satisfacción:** Libertad de incomodidad, y las actitudes positivas hacia el uso del producto.

Una de las condiciones específicas en las que se enfoca la usabilidad de importancia para esta investigación es la **interfaz** de usuario la cual es un medio donde se hace posible la **interacción natural** entre humanos y otros elementos que no manejan el mismo idioma que el ser humano (Bevan, 2001). Por ello las interfaces proveen una zona metafórica, de ajuste o de traducción que debe:

- Tender hacia la congruencia y estándares.
- Tender hacia la usabilidad universal.
- Ofrecer retroalimentación informativa y visibilidad del estado del sistema.
- Ofrecer flujos de tareas que produzcan cierre es decir, tareas que tengan inicio y fin y que permitan el alcance de un objetivo.
- Permitir la reversión facilitada de acciones.
- Hacer que los usuarios sientan que están en libertad y que tienen control.
- Minimizar la carga de memoria a corto plazo.
- Ayudar a los usuarios a reconocer, diagnosticar y recuperarse de los errores.
- Coincidir entre el sistema y el mundo real.



Figura 12: Algunas métricas basadas en tareas comunicativas para la TCTA IEC.

- Ser flexibles (Molich & Nielsen, 1990; Shneiderman 2010).

La interacción natural significa que el uso de objetos (o estaciones de trabajo) requiere un aprendizaje mínimo o nulo, relacionado con experiencias comunes humanas generales o específicas (como en el perfil del CTA); la cual debe cumplir con ciertos criterios:

- **Coherencia** o correspondencia entre su figura metafórica y la implementación;
- **Cobertura** de la metáfora con la interfaz;
- **Correspondencia** entre el ofrecimiento de posibilidades de acción (o *affordances*) de los objetos con la operación sistémica (Celentano & Dubois, 2015).

El entendimiento de la Usabilidad permite deducir que las estaciones de trabajo de los CTA están compuestas por interfaces, las cuales deben ser eficientes y efectivas para que sus usuarios puedan desempeñar sus actividades comunicativas. Su diseño debe de permitir la interacción natural que en este caso significa la comunicación con la menor cantidad de *ruidos*, la disposición pertinente de información en beneficio de la conciencia de la situación.

3.7 Síntesis: Interfaces Espaciales Comunicativas como Propuesta de Análisis

Rizopoulos y Charitos (2011) hacen un análisis teórico para proponer el concepto de Interfaces Espaciales Comunicativas (IEC), las cuales son sistemas interactivos que consisten en componentes físicos embebidos en objetos y distribuidos a través del espacio. Este concepto describe el comportamiento espacial en ambientes interactivos desde una perspectiva de la Teoría de la Comunicación.

Para esta investigación, el recuperar este concepto resulta útil e innovador debido a que posibilita una perspectiva de análisis en la cual las TCTA puedan ser vistas como interfaces (TCTA-IEC) y por tanto, sujetas al escrutinio de la Usabilidad en términos comunicativos; donde el foco analítico estará en los componentes de dichas interfaces: elementos espaciales de las estaciones de trabajo de los CTA que permiten actividades comunicativas.

La acuñación de la TCTA-IEC como concepto permite establecer métricas lo suficientemente claras y entendibles. Esto es verificar con qué eficiencia, efectividad y satisfacción los elementos espaciales permiten, apoyan o asisten las tareas comunicativas (Figura 12).

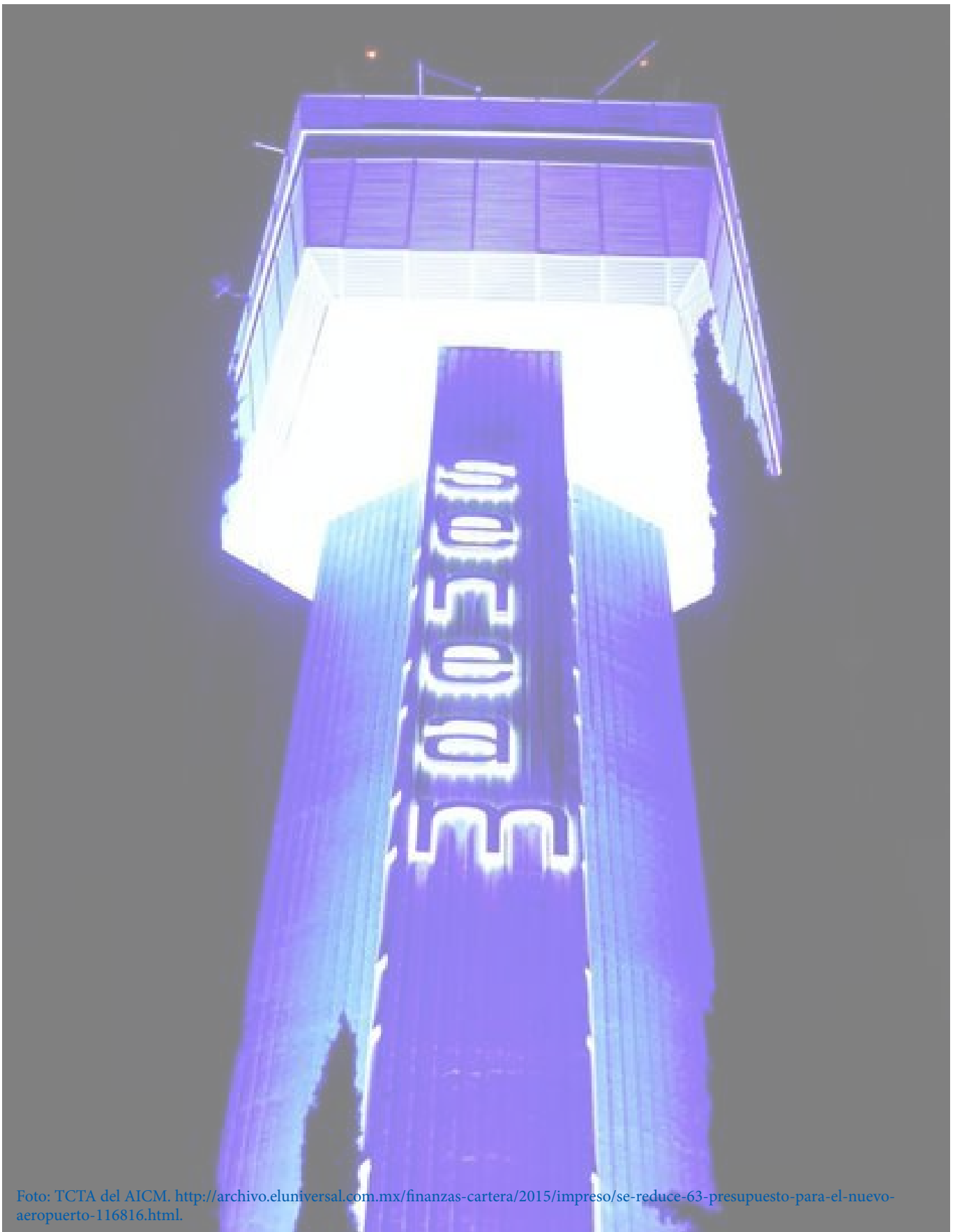


Foto: TCTA del AICM. <http://archivo.eluniversal.com.mx/finanzas-cartera/2015/impreso/se-reduce-63-presupuesto-para-el-nuevo-aeropuerto-116816.html>.



Capítulo 4

Caso de Estudio

La TCTA-IEC del AICM

Debido a que el diseño de las estaciones de trabajo de los CTA influye en su desempeño comunicativo, y que frecuentemente sus carencias son asumidas como parte de su puesto de trabajo, es necesario caracterizar los elementos espaciales que vuelven a las a la TCTA Interfaces Espaciales Comunicativas. Esta caracterización servirá para contextualizar las variables de Usabilidad que describan cómo las estaciones de trabajo facilitan al CTA sus actividades comunicativas.

Es por ello que en este capítulo se analiza la TCTA del AICM como una TCTA-IEC es decir, viéndola como una interfaz compuesta por los elementos espaciales que permiten, apoyan o asisten tareas comunicativas en las estaciones de trabajo de los CTA. El propósito de dicho análisis es relacionar el diseño de la TCTA-IEC con el desempeño comunicativo de los CTA. Como resultado, se identifican las consolas, ventanas,

cabina e iluminación como componentes principales; y se definen sus cualidades específicas de Usabilidad.

El análisis consiste en primero identificar las condiciones aeroportuarias que impactan en cómo la TCTA-IEC facilita la información, particularmente sobre los patrones aeroportuarios y meteorológicos; posteriormente, describir los instrumentos de trabajo en cuanto su función y ubicación por estación de trabajo; y finalmente se localizar problemáticas relacionadas con las cualidades espaciales comunicativas de las consolas, ventanas, cabina e iluminación. Para realizarlo, se llevó a cabo una evaluación ergonómica entre el 6 de julio y el 4 de agosto del 2015, que consistió en un estudio de incidencia solar, levantamientos arquitectónico y fotográfico, análisis de campo visual, ficha de experiencia de uso y observación participante de la TCTA del AICM.

4.1 Condiciones Aeroportuarias que impactan en el funcionamiento de la TCTA-IEC

La situación aeroportuaria impacta en cómo las ventanas, consolas, cabina e iluminación facilitan la información, concretamente para identificar los patrones aeroportuarios y meteorológicos. Para entender esta influencia, se debe de tomar en cuenta la distribución aeroportuaria y relacionarla con las estaciones de trabajo y sus componentes. En las Figuras 13 y 14 y 15 se pueden observar algunos ejemplos de este tipo de relaciones y su impacto en las tareas comunicativas del CTA.

En la Figura 13 se observa cómo la posi-

ción de la TCTA-IEC en relación a los elementos aeroportuarios implica un reto para la identificación del estatus de las aeronaves en las plataformas de la T1 y T2, pues éstas son difícilmente visibles desde la TCTA-IEC. Por ello, SENEAM en 2015 ocupó la Torre del Centro del Control Operativo (CCO) como una solución factible y viable para mitigar esta problemática, pero no se solucionó completamente.

Dadas las condiciones visuales del aeropuerto, **la composición y distribución** de las estaciones de trabajo al interior de la TCTA-IEC deben responder adecuadamente para **optimizar en lo posible las visuales** con las que cuentan los

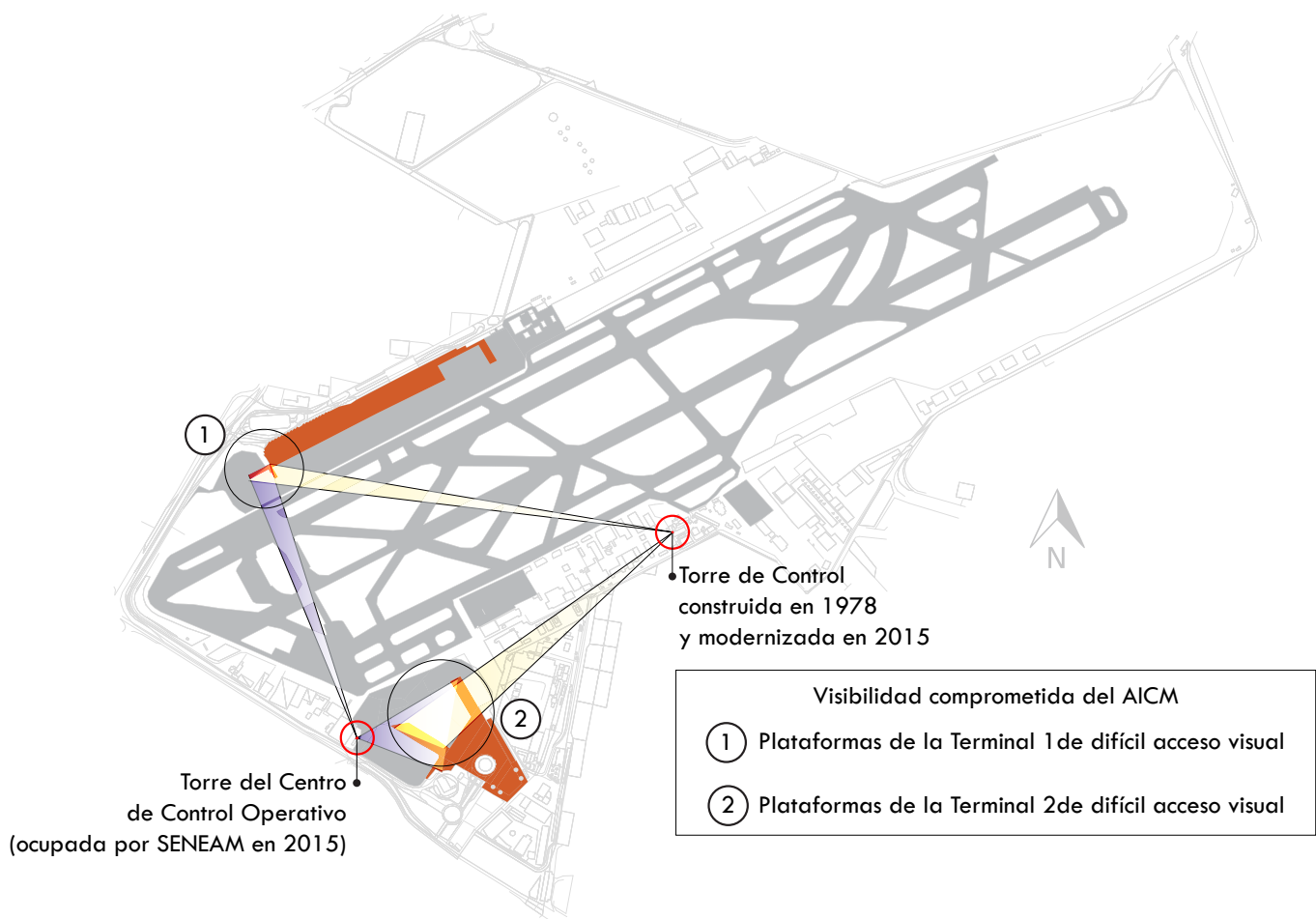


Figura 13: Visibilidad a Plataformas en el AICM.



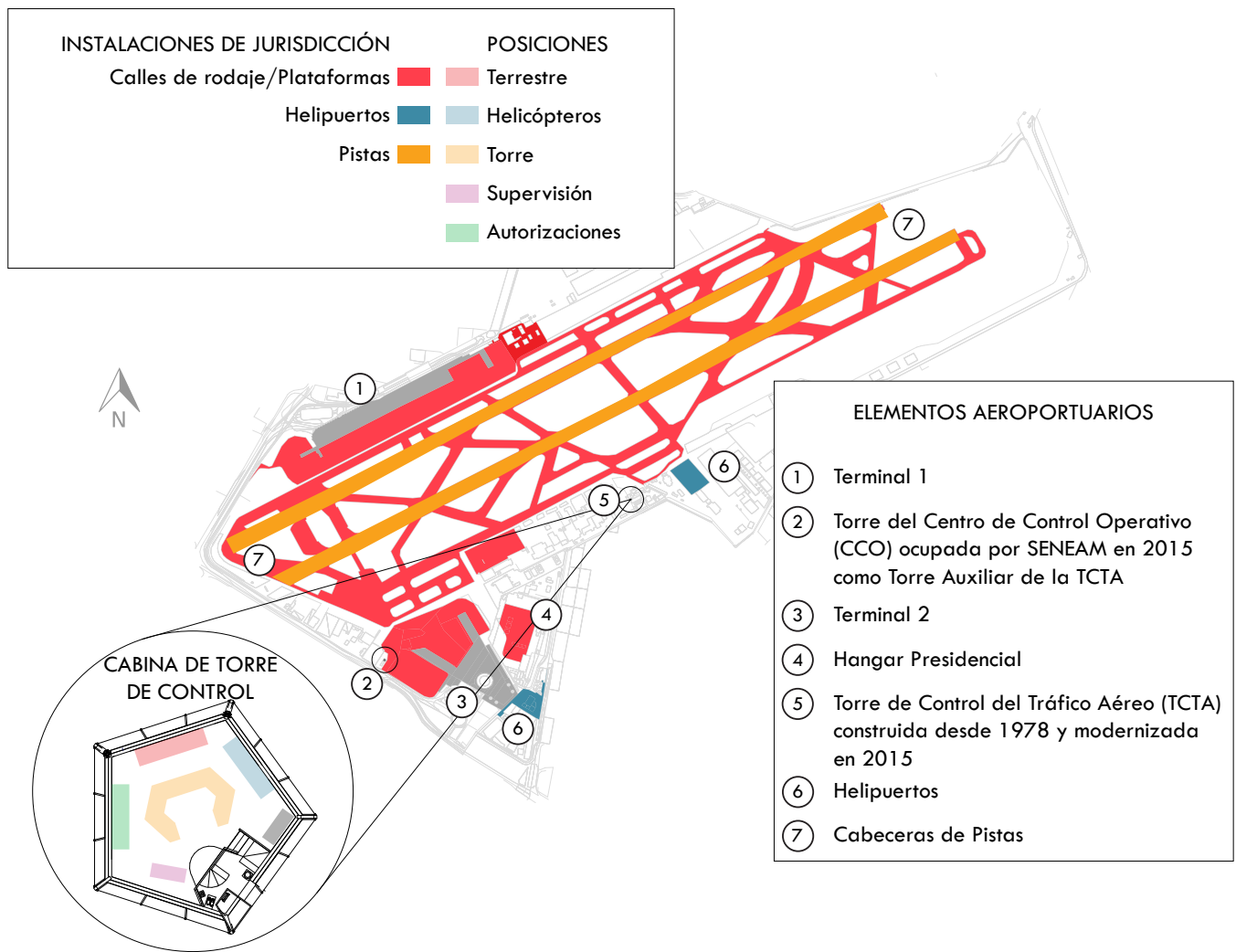


Figura 14: Relación de la Cabina de la TCTA con el AICM.

Se puede determinar a primera vista que posiciones como Helicópteros podrían estar mejor orientadas para garantizar las visuales a los helipuertos

CTA de tal forma que el impacto causado por las condiciones aeroportuarias no se vea incrementado. Esto es visible en la Figura 14 donde, por ejemplo, se observa que la posición de helicópteros impide fácil visualización de su área de jurisdicción, pues ésta queda detrás de la *posición neutral* del CTA. Esto quiere decir que el CTA, cuando se sienta en frente de la consola para utilizar sus instrumentos, da la espalda a los helipuertos; situación que dificulta sus actividades.

En cuestiones de iluminación natural,

se deduce que la incidencia solar anual impacta principalmente a la posición de Autorizaciones, pues en todas las tardes del año el sol se posiciona en el oeste e incide por las ventanas próximas a esta posición. Esta incidencia anual se ve representada en la Figura 15 como la zona amarilla sobre el plano de la cabina, que delinea toda la fachada de Autorizaciones, mientras que en la fachada próxima a la posición Helicópteros sucede parcialmente y en la posición de Terrestre no sucede en absoluto. Este impacto en autorizaciones

se ve traducido en posibles reflejos en las pantallas o superficies y molestias al CTA por incidencia directa.

Con estos ejemplos, se ha probado la relación entre la distribución y orientación de los componentes de las estaciones de trabajo (consolas, ventanas y cabina) con la distribución aeroportuaria. Esta relación tiene un impacto directo en las actividades comunicativas de los CTA. Sin embargo, es necesaria la descripción de los instrumentos de trabajo del CTA y su distribución en el espacio para tener una idea más amplia de sus actividades y el impacto que tienen por las relaciones mencionadas.

4.2 Instrumentos de Trabajo del CTA

Los instrumentos de trabajo de la TCTA del AICM responden a estándares de diseño internacionales y por lo tanto aplican a todas las TCTA del mundo. Sin embargo, aunque no todas las torres cuentan con la misma cantidad y versiones de instrumentos, así como la misma distribución, resulta conveniente tomar en cuenta esta TCTA debido a que representa uno de los aeropuertos más importantes a nivel nacional en cuanto a cantidad de operaciones y equipamiento. Por tanto, en esta sección se describen sus instrumentos según su función y distribución.

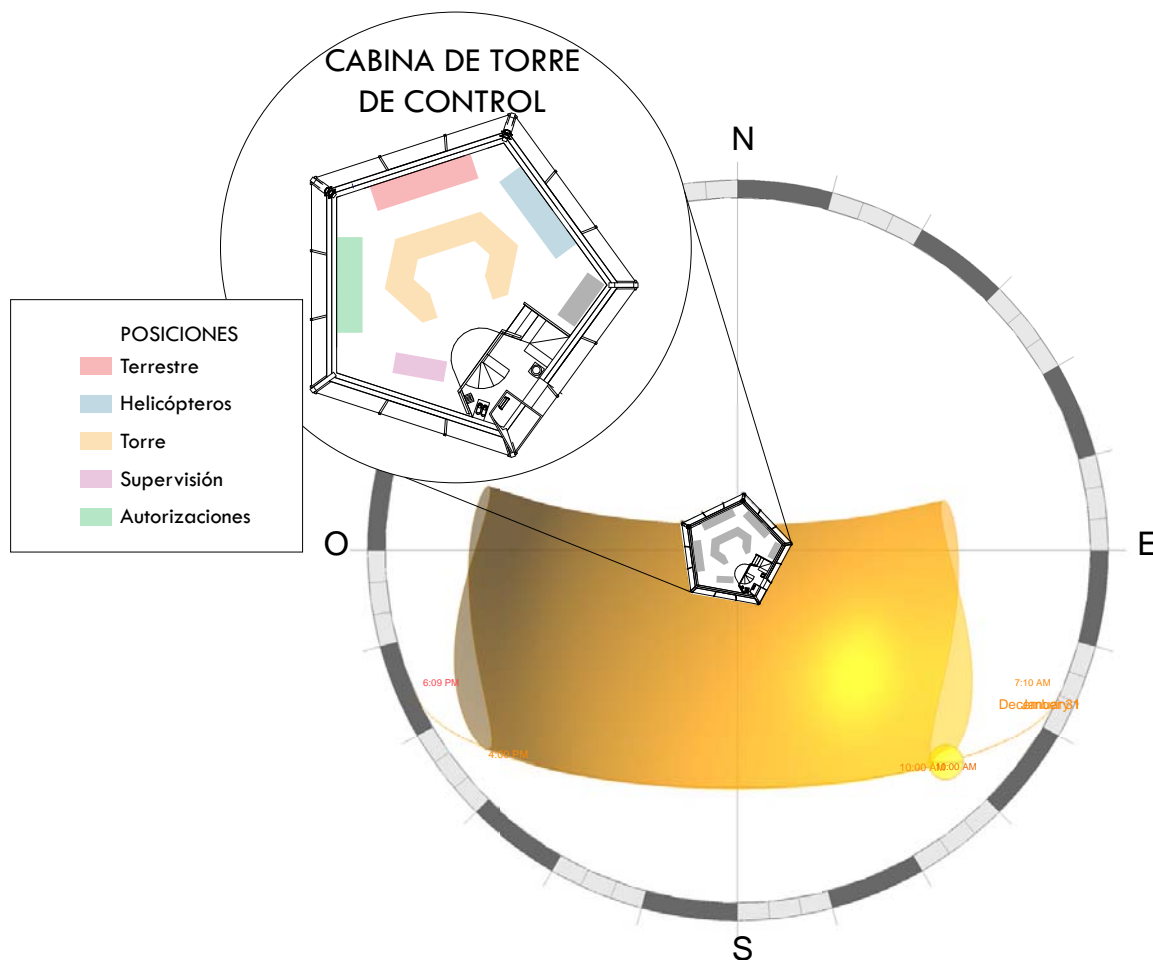


Figura 15: Incidencia solar en la TCTA del AICM anual hecha con Revit Architecture 2014.



En cuanto a la función, los instrumentos consisten básicamente en varios tipos de radares, radios y otros accesorios. A continuación se enlistan los instrumentos encontrados en la TCTA del AICM:

- Sistemas de Comunicación de Voz (VCS): dispositivos que gestionan el cambio de frecuencia de radio para establecer comunicación entre el CTA-pilotos; CTA-CCO; CTA-subestación. Estos sistemas incluyen un monitor (VDT) para cambiar frecuencias, un dispositivo para accionar la comunicación (puede ser un pedal o botón), un auricular (en forma de bocina o diadema), y un micrófono (en diadema o fijo). En caso del AICM, se manejan **todas** las opciones como sistemas redundantes a excepción del micrófono.
- Radio Dittel (DRS): dispositivo sustituto de los VCS en caso de emergencias y caída del sistema.
- Equipo de Detección de la Superficie Aeroportuaria (ASDE): Sistema de detección de movimiento de aeronaves en las pistas y calles de rodaje.
- Eurocat: Es un sistema de integración geográfica de aeronaves en una región de información de vuelo.
- Tiras Progreso de Vuelo: Sistemas que sirven para ordenar a las aeronaves. Proveen información de identificación de aeronave y vuelo. Estos sistemas pueden ser computarizados o de tiras físicas ordenadas constantemente en un panel o rack. En caso de ser físicas, éstas son llenadas manualmente o son impresas. En el caso del AICM y en la generalidad nacional, el sistema consiste de **tiras físicas**.
- Pistola de Luz: Sirve para mandar señales a las

aeronaves.

- Radar Doppler: sirve para detectar las condiciones de aproximación de una aeronave como cuando ésta viene desestabilizada por turbulencia.
- Radar Meteorológico: sirve para detectar condiciones climáticas. Incluye: barómetro, anemómetro, altímetro, termómetro, etc.
- PC Gate: muestra nomenclatura y secuencia de aeronaves, puerta de embarque, hora de aterrizaje, etc.
- Reloj: muestra la hora en formato de Tiempo Universal Coordinado (UTC).
- Sistema de Recuperación por Desastre (DRS): Se trata de un sistema que sirve para respaldar la información manejada en el radar Eurocat a través del sistema Sky. Si el Eurocat falla congelándose o de alguna otra manera, el DRS proveerá información de vuelo.
- Metering: Sistema para gestionar los retrasos en los vuelos.
- Sistema de Control de Luces: Sirve para iluminar la pista de forma que sea visible por las aeronaves.

En cuanto a la ubicación, los instrumentos se encuentran distribuidos en distintas partes. En la Figura 16 se puede observar cómo se distribuyen principalmente por estación de trabajo que en este caso, coincide con las consolas señaladas por colores, a excepción del Radar Doppler, el Radar Meteorológico y el PC Gate, ubicados en las columnas de la cabina. Asimismo, casi todos los instrumentos se encuentran cerca a las ventanas, a excepción de la posición Torre, situación que puede verse afectada por el contraste de la **iluminación natural** (Figura 17).

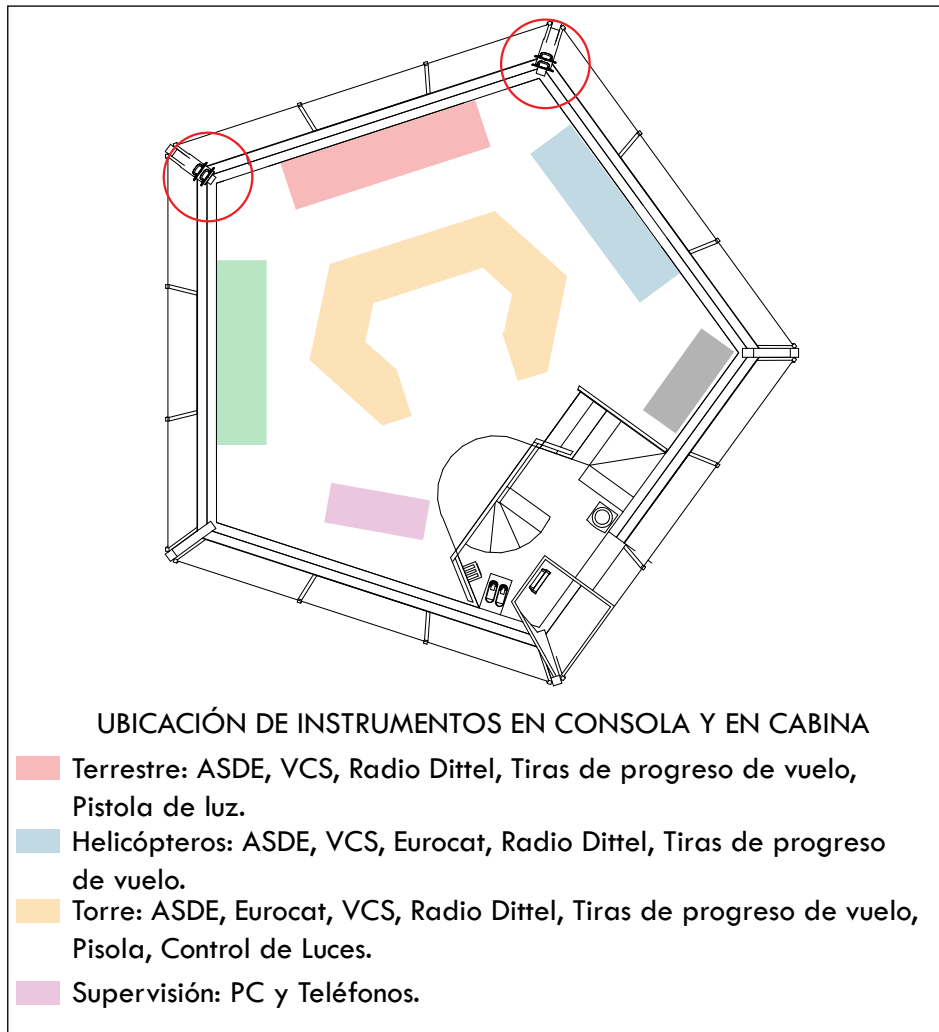


Figura 16: Planta de distribución de Instrumentos en la Cabina de la TCTA del AICM.



Figura 17. Reflejos en la pantalla del VCS Frequentis.



4.3 Problemáticas de la TCTA-IEC: Herramientas de la Investigación de Campo

En esta sección se describen tres herramientas de investigación que sirvieron para detectar problemáticas relacionadas con el campo visual, la experiencia general de uso y actividades específicas relacionadas con la TCTA-IEC. Estas técnicas son documentadas con video, imágenes, planos y reportes generados por software.

Análisis de Campo Visual

El propósito de este análisis es determinar cuáles son los elementos aeroportuarios visibles desde cada estación de trabajo estando de pie o en *posición neutral* (sentado en frente de la consola); y si estos elementos corresponden con el área de jurisdicción de cada CTA. Este análisis fue realizado utilizando CATIA V5, una herramienta

que permite la modelación de espacios y la simulación del campo visual humano, basado en maniquís que pueden ser configurados con datos antropométricos.

Con esto se comprobó que la **orientación visual** de las estaciones de trabajo debe de corresponder con las ventanas más próximas a su área de jurisdicción, lo cual no sucedía en todos los casos, como en la posición Helicópteros. Adicionalmente, se encontró que ciertos elementos de la cabina y las ventanas, como columnas y perfiles representan **obstáculos visuales** en posiciones estáticas, que coinciden en muchos casos con las posiciones neutrales de los CTA (Figura 18).

En la Figura 19 se observa que desde la posición neutral en Terrestre, las columnas impiden la visualización de ciertos puntos en el aeropuerto. Si bien, el CTA puede mitigar estos obstáculos al moverse de lugar, lo más recomendable es que

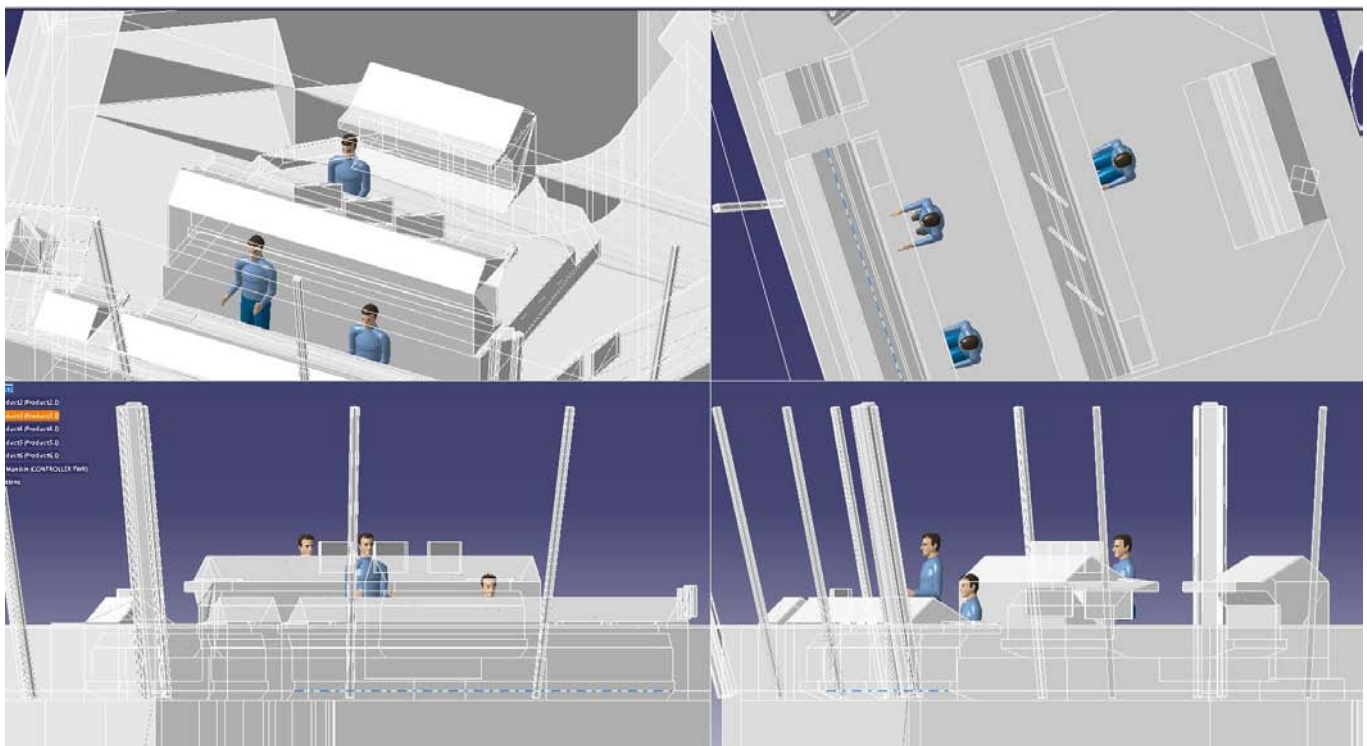


Figura 18: Modelación en CATIA de las previas estaciones de trabajo en la TCTA del AICM.

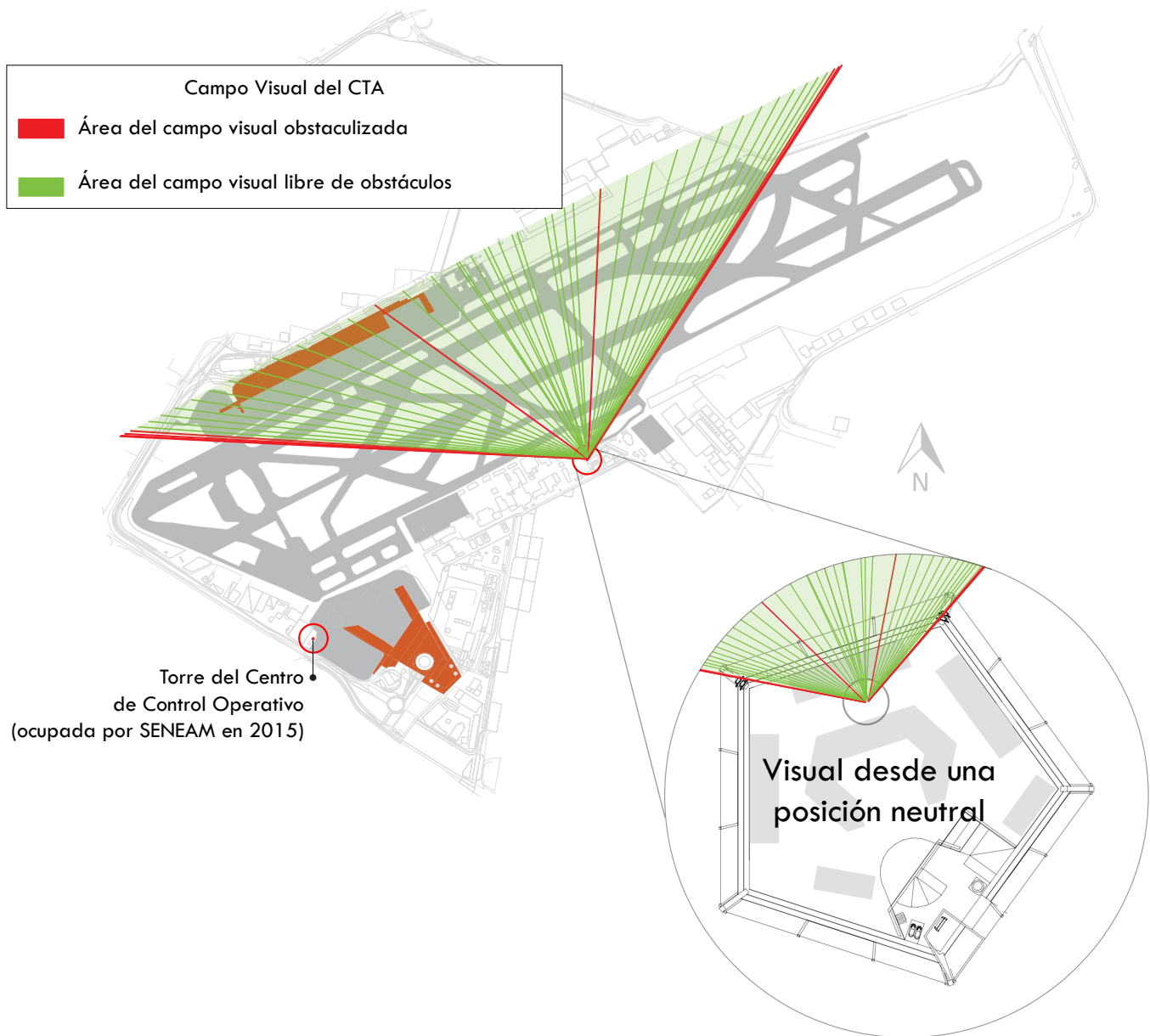


Figura 19: Área del campo visual con y sin obstáculos desde una posición neutral.

éstos no existan o al menos no coincidan con las posiciones neutrales.

Esta situación se vuelve palpable en la Figura 20, donde se muestra una fotografía en la que una aeronave se está ocultando detrás de una columna.

Ficha de Experiencia de Uso

Esta ficha tiene como finalidad documentar la experiencia del CTA en el uso de sus es-

taciones de trabajo. Esto se logra mostrando un diagrama de cada consola existente y brindando un espacio para que el CTA escriba dicha experiencia (Figura 21). Asimismo, si desea, se le pide dibujar o hacer correcciones sobre el diagrama. Esta ficha se aplicó a seis CTA en cada una de las estaciones de trabajo y como resultado, se encontró lo siguiente:

- Se confirmó la existencia de los **obstáculos**





Figura 20: Columnas como obstáculo visual.

visuales en cuanto a las columnas de la cabina.

- El **espacio de trabajo** del CTA o su **campo visual** se ven **reducidos** por algunos instrumentos o accesorios, cuya disposición o di-

mensiones no son prácticos. Esto sucede con monitores, relojes y racks (Figura 22).

- Algunas consolas ofrecen **poco espacio** para recibir todos los CTA en **situaciones de máxima operación**.
- La **iluminación artificial** no es adecuada en cuanto al tipo y ubicación para el trabajo del CTA, sobre todo en las noches.
- La disposición de las bocinas causa **reverberación** y por tanto, lo que crea dificultad al CTA para escuchar (Figura 23).
- Ciertos **mecanismos son poco usables**, como los brazos de las pantallas, que proveen un rango de movimiento reducido; o el panel de tiras, que resulta poco práctico pues su inestabilidad no permite escribir sobre él; sus ti-

Nombre: [REDACTED]

Describe su experiencia en el uso de las consolas, puede hacer sugerencias de cambios en el diagrama (puede escribir detrás de la hoja)

El espacio en DRS para los teclados es limitado, a veces un poco difícil la escritura en los mismos. Los cables de los mouse son algo cortos y también se dificulta su uso, la ubicación de la posición está bien porque podemos ver de frente las apps a RWYS OS's, en RWYS 23 al contrario solo observamos desdoblados pero para la función de esta posición es relevante. En cuanto a espacio (lateral) es cómodo, a pesar de tener demasiados equipos se trabaja bastante bien.

Figura 21: Ficha de Experiencia de Uso



Figura 22: Reloj de Consola.



Figura 23: Bocinas de Consola.

ras se caen y no se deslizan adecuadamente.

Observación Participante

Se filmó a tres CTA realizando sus tareas cotidianas en sus estaciones de trabajo y se les hicieron preguntas específicas sobre su interacción con las consolas, ventanas, cabina e iluminación. Estas actividades fueron realizadas una vez que los CTA se acostumbraron a ser observados, con el propósito de que éstos respondieran con comodidad. Con esto, se encontraron testimonios específicos sobre:

- Algunos elementos representan **obstáculos visuales** para los CTA: como por ejemplo mo-

nitores, columnas y otros CTA de pie al frente de las estaciones de sus colegas (Figura 24).

- Algunos **elementos** aeroportuarios son de difícil visualización: particularmente plataformas de la T1 y T2, pues la distribución aeroportuaria no es óptima en relación a la TCTA.
- El intercambio de **paso de tiras** de progreso de vuelo entre estaciones es poco práctico, pues interrumpe las tareas visuales y la atención del CTA.
- Existen **reflejos y sombras** en ventanas y superficies de trabajo por iluminación natural y artificial, que no solo molesta al CTA en su estación de trabajo sino a sus colegas también.
- Las **pantallas** de uso común no pueden leerse cómodamente, debido a al tamaño de las mismas.
- Las **persianas** en las ventanas son poco prácticas para regular la iluminación natural (Figura 25).



Figura 24: Los CTA de pie pueden obstaculizar la visual de sus colegas





Figura 25: Ineficiencia de las Cortinas.

4.4 Categorización de los Componentes de la TCTA-IEC

Después de la investigación ergonómica, se determinó que las consolas, ventanas, cabina e iluminación son los elementos que conforman la TCTA-IEC debido a que:

- Son componentes del espacio de una Torre de Control del Tráfico Aéreo;
- Forman parte de las estaciones de trabajo del CTA;

- Sirven para facilitar, asistir o apoyar su trabajo comunicativo.
- Para cumplir su función, su diseño debe corresponder con las condiciones de distribución aeroportuaria, capacidad máxima de operación, campo visual, la *posición neutral* y actividades específicas del CTA.

En cuanto a funciones generales de cada componente de la TCTA-IEC se encontró que: las **ventanas** sirven para proveer información visual sobre patrones aeroportuarios y meteorológicos; la **cabina**, para alinear visualmente las estaciones de trabajo hacia sus áreas de jurisdicción; la **consola**, para disponer instrumentos de trabajo; y la **iluminación**, como producto de la manipulación de un agente físico (la luz) para hacer visibles objetos que proveen información relacionada al trabajo comunicativo del CTA. De esta forma la TCTA-IEC permite el flujo de información entre el CTA y diversos elementos o personas relacio-

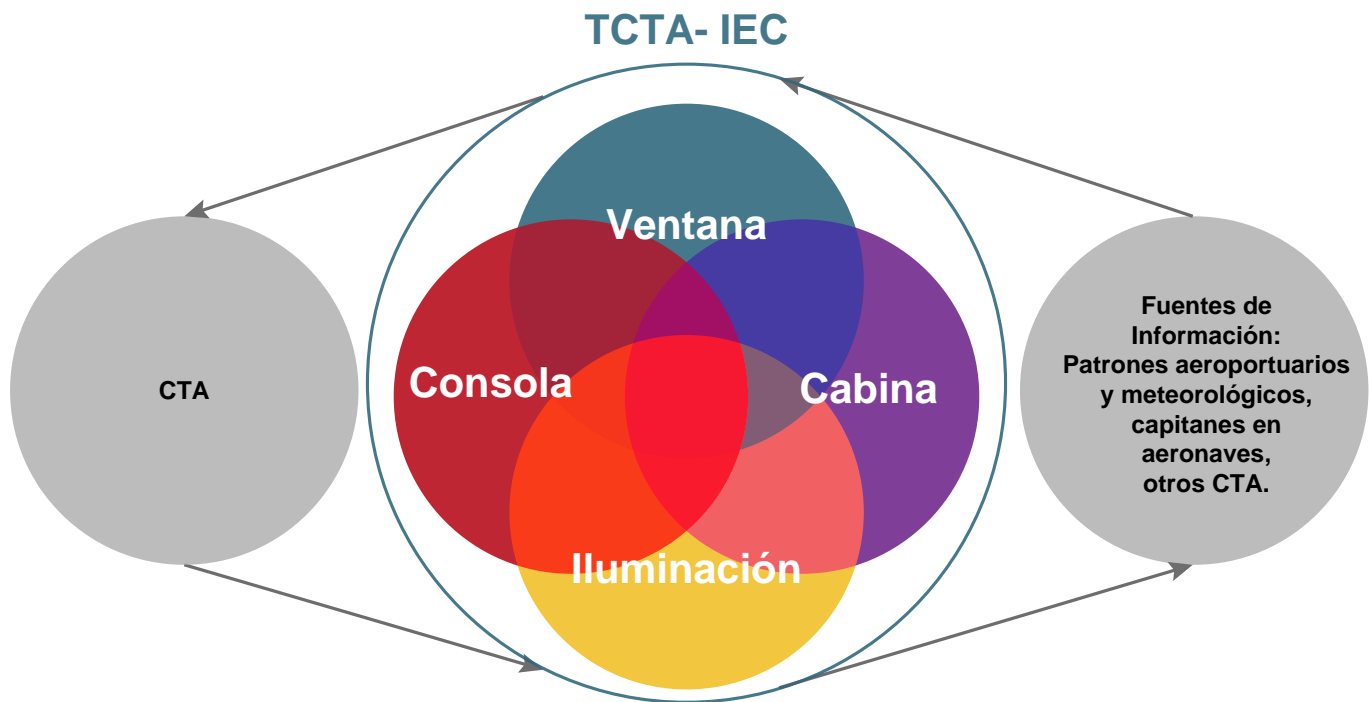


Figura 26: Sistema Interactivo TCTA-IEC.

nadas con el Control del Tráfico Aéreo (Figura 26).

Sin embargo, la definición y descripción específica de las consolas, ventanas, cabina e iluminación es necesaria para determinar sus cualidades de Usabilidad.

4.5 Cabina

Tomando en cuenta los resultados las herramientas de investigación y las definiciones provistas por la FAA, se puede deducir que la cabina es un elemento que forma parte de la TCTA-IEC que sirve para integrar y delimitar las estaciones de trabajo en las cuales trabajan los CTA, así como para alinearlas visualmente a sus áreas de jurisdicción y VDT de *uso común*.

Para determinar qué tan fácil es usar la cabina, se contextualizan las variables de la Usabilidad según las cualidades del espacio, así como las tareas comunicativas y las habilidades del CTA:

- **Efectividad:** La correcta alineación visual a las áreas de jurisdicción y a las pantallas de visualización (VDT) dada por la forma y distribución de las estaciones de trabajo y los elementos de cabina; de tal forma que el CTA

pueda percibir (observar) y, por tanto estar consciente de las situaciones aeroportuaria y meteorológica, según sus responsabilidades laborales.

- **Eficiencia:** La correcta ubicación y dimensionamiento de los *grupos funcionales* y sus accesorios para que el trabajo en equipo, lectura de VDT y la observación al área de jurisdicción se realice sin esfuerzos es decir, sin afectar su atención o incrementar innecesariamente su carga cognitiva.

Dicha contextualización se logró a partir de los testimonios obtenidos de los CTA, categorizados en las Tablas 2 y 3. Estos testimonios denotan tareas comunicativas, habilidades involucradas y cualidades espaciales; así como problemáticas relacionadas con las mismas.

Con dichos testimonios se deduce que, para que la cabina se fácil de usar, debe de facilitar la observación del área de jurisdicción y la lectura de los VDT de uso común; de tal forma que la información sea detectada con **facilidad, legibilidad**, y sin obstáculos visuales. Asimismo, la cabina debe de permitir la **interoperatividad** es decir, que se puedan realizar otras tareas de forma simultánea sin interrumpir operaciones.



CABINA	Variables de Usabilidad	Efectividad			
	Cualidad Espacial	Forma, Distribución y Alineación	Forma, Distribución y Alineación	Forma, Distribución y Alineación	Distribución
	Habilidades del CTA involucradas	Percepción, Conciencia sobre la Situación	Percepción, Conciencia sobre la Situación	Percepción	Percepción, Conciencia sobre la Situación
	Tarea Comunicativa	Observación de Área de Jurisdicción	Observación de Área de Jurisdicción	Observación de Área de Jurisdicción	Observación de Área de Jurisdicción
	Instrumento	Observación Participante	Ficha de Experiencia de Uso	Ficha de Experiencia de Uso	Observación Participante
	Problemática	Desalineación visual con área de jurisdicción	Obstáculos visuales	Ninguna	Obstáculos visuales
	Interpretación	Los CTA deben de cambiar de posiciones constantemente para observar su área de jurisdicción.	La estación de trabajo no se puede alinear visualmente con el área de jurisdicción porque la columna obstaculiza.	Las responsabilidades de los CTA en posición Autorizaciones no incluye la observación a ningún área de jurisdicción. Sin embargo, algunas pistas (RWY) son visibles.	Existen puntos ciegos en el aeropuerto, como las plataformas circulares, así como obstáculos visuales en la cabina.
	Testimonio	<i>"-Tengo entendido que en el diseño anterior se tenían que inclinar para ver las calles de rodaje -Bueno, sentados sí"</i>	<i>"Las columnas cubren en todo momento de 4 a 5 puertas de la terminal (en terrestre)"</i>	<i>"La ubicación de la posición está bien porque podemos ver de frente las apps a Rwys 05's, en Rwys 23 al contrario sólo observamos desalojos pero la función en esta posición no es relevante"</i>	<i>"obviamente hay puntos ciegos como éstos (columnas)... si hay posiciones que no se ven, que están bajo nuestro control, para eso pues sí deberíamos de tener ciertas cámaras... En las circulares no se ve nada"</i>

Tabla 2: Cruce de información para contextualizar la Efectividad en Cabina

CABINA	Variables de Usabilidad	Eficiencia		
	Cualidad Espacial	Dimensión	Dimensión	Distribución
	Habilidades del CTA involucradas	Percepción, Carga Cognitiva	Percepción, Atención, Carga Cognitiva	Percepción, Atención, Carga Cognitiva
	Tarea Comunicativa	Lectura de VDT	Observación de Área de Jurisdicción	Observación de Área de Jurisdicción
	Instrumento	Observación Participante	Observación Participante	Observación Participante
	Problemática	Sobreesfuerzo en la lectura de VDT	Discontinuidad en la operación: interrupciones	Discontinuidad en la operación: interrupciones
	Interpretación	Las pantallas del PC Gate y Radar Doppler son muy pequeñas para leerse desde todas las estaciones.	La tarima es útil cuando las estaciones están en frente de otras. Sin embargo, en este caso la altura no es suficiente.	Los CTA de Terrestre intercambian tiras con los de Torre. Esto interrumpe su atención a sus instrumentos y al área de jurisdicción.
	Testimonio	<i>"a mi juicio hubiera sido importante a lo mejor unas pantallas más grandes porque las usamos mucho"</i>	<i>"Antes la diferencia entre ellos y nosotros ...(Terrestre y Torre) el escalón era más alto... Si yo me levanto, los tapo"</i>	<i>"El tener que trasladarnos con la tira en la mano y estar viendo lo que tienes que ver, concentrarte nada más en eso"</i>

Tabla 3: Cruce de información para contextualizar la Eficiencia en Cabina

4.6 Ventana

Tomando en cuenta los resultados las herramientas de investigación, sobre todo la de análisis de campo visual, se puede deducir que la ventana es un elemento de la TCTA-IEC que sirve para monitorear patrones meteorológicos y aeronáuticos de forma analógica es decir, requiriendo sólo la vista de los CTA y la regulación de la iluminación natural.

Para determinar qué tan fácil es usar la ven-

tana, se contextualizan las variables de la Usabilidad según las cualidades del espacio, así como las tareas comunicativas y las habilidades del CTA:

- **Efectividad:** La adecuada estructuración de la ventana de tal manera que la forma, distribución y dimensión de sus elementos no signifiquen un obstáculo visual y por tanto, inhiban la conciencia del CTA sobre la situación aeroportuaria.



- **Eficiencia:** La provisión adecuada de mecanismos para regular la iluminación natural de tal forma que no exista incidencia solar directa en la visión del CTA que lo distraiga o que lo fatigue.

Dicha contextualización se logró a partir de los testimonios obtenidos de los CTA, categorizados en la Tabla 4. Estos testimonios denotan tareas comunicativas, habilidades involucradas y cualidades espaciales; así como problemáticas relacionadas con las mismas.

Con los testimonios obtenidos, se deduce que la ventana debe proveer los medios necesarios para que la información sobre los patrones aeroportuarios y meteorológicos sea disponible y legible, según las necesidades laborales del CTA.

VENTANA	Variables de Usabilidad	Efectividad	Eficiencia
	Cualidad Espacial	Forma, Distribución, Dimensión	Tipo de Mecanismos
	Habilidades del CTA involucradas	Percepción, Conciencia sobre la Situación	Percepción, Atención, Carga Cognitiva
	Tarea Comunicativa	Observación de Área de Jurisdicción	Observación de Área de Jurisdicción
	Instrumento	Análisis de Campo Visual	Observación Participante
	Problemática	Los perfiles de las ventanas representan obstáculos visuales	Incidencia solar directa
	Interpretación	NA	Las persianas no son eficientes para regular la iluminación natural
	Testimonio	NA	<i>"Las persianas son una molestia, tienes el sol de frente"</i>

Tabla 4: Cruce de información para contextualizar la Efectividad y la Eficiencia de las Ventanas

4.7 Consola

Tomando en cuenta los resultados de las Fichas de Experiencia de Uso, se puede deducir que la consola es un elemento de la TCTA-IEC que permite acceder a información provista por instrumentos instalados en ella. Asimismo, algunos de sus instrumentos permiten que el CTA comunique instrucciones.

Para determinar qué tan fácil es usar la consola, se contextualizan las variables de la Usabilidad según las cualidades del espacio, así como las tareas comunicativas y las habilidades del CTA:

- **Efectividad:** El acceso a la información y la comunicación como consecuencia de una adecuada forma, distribución y dimensión del espacio de trabajo, así como los instrumentos en él.
- **Eficiencia:** La fácil lectura de VDT, comunicación oral, observación del área de jurisdicción, así como el acceso y manipulación de información de trabajo por el tipo y la distribución de mecanismos de los instrumentos, según las necesidades laborales del CTA.

Dicha contextualización se logró a partir de los testimonios obtenidos de los CTA, categorizados en las Tablas 5 y 6. Estos testimonios denotan tareas comunicativas, habilidades involucradas y cualidades espaciales; así como problemáticas relacionadas con las mismas.

Con los testimonios obtenidos, se deduce que la consola debe proveer los medios necesarios para que la información sea disponible, manipulable y adaptable, según las necesidades laborales del CTA.

CONSOLA	Variables de Usabilidad	Efectividad	
	Cualidad Espacial	Forma, Distribución, Dimensión	Forma, Distribución, Dimensión
	Habilidades del CTA involucradas	Percepción, Conciencia sobre la Situación	Percepción, Atención, Carga Cognitiva
	Tarea Comunicativa	Acceso a la información, comunicación	Acceso a la información
	Instrumento	Ficha de Experiencia de Uso	Ficha de Experiencia de Uso
	Problemática	Insuficiencia espacial	Sobredimensionamiento e Insuficiencia espacial
	Interpretación	No existe espacio suficiente en la consola para albergar a los CTA cómodamente en su máxima capacidad de uso.	Ciertos elementos de la consola son innecesariamente grandes y restan espacio
Testimonio	"La configuración total en forma de hexágono (posición Torre) hace que el espacio sea justo para dos personas con sus sillas y muy reducido para la 3ra persona cuando esto se requiera"	"El gabinete (housing) para el reloj es muy grande lo que resta espacio útil para colocar cosas como portatiras que hoy en día tenemos juntos por necesidades operacionales"	

Tabla 5: Cruce de información para contextualizar la Efectividad de las Consolas



CONSOLA	Variables de Usabilidad	Eficiencia					
	Cualidad Espacial	Tipo de Mecanismos	Tipo de Mecanismos	Distribución de Mecanismos	Distribución Mecanismos	Tipo de Mecanismos	Tipo de Mecanismos
	Habilidades del CTA involucradas	Percepción, Atención, Carga Cognitiva	Percepción, Atención, Carga Cognitiva	Percepción, Atención, Carga Cognitiva	Percepción, Atención, Carga Cognitiva	Percepción, Atención, Carga Cognitiva	Percepción, Atención, Carga Cognitiva
	Tarea Comunicativa	Lectura de VDT	Lectura de VDT	Comunicación oral	Comunicación oral	Acceso y Manipulación de Información	Acceso, Manipulación de Información y Observación del Área de Jurisdicción
	Instrumento	Observación Participante	Ficha de Experiencia de Uso	Ficha de Experiencia de Uso	Ficha de Experiencia de Uso	Ficha de Experiencia de Uso	Ficha de Experiencia de Uso
	Problemática	Inadaptabilidad	Inadaptabilidad	Calidad de sonido	Calidad de sonido	Facilidad de Uso	Sobredimensionamiento e Insuficiencia espacial
	Interpretación	Los brazos de los VDT no ofrecen un rango de movimiento eficiente	Los brazos de los VDT no ofrecen un rango de inclinación eficiente	La disposición de la bocina provoca reverberación	La disposición de los jacks los hace vulnerables	El panel de tiras exige esfuerzo adicional para operarse porque no es fácil de usar	Los racks reducen espacio de trabajo y campo visual
	Testimonio	<i>"Las pantallas... no es un rango de movimiento que sea funcional... Los cables limitan un poco el movimiento."</i>	<i>"La posición de pantallas Frequentis es muy vertical siendo deseable que se encontrarán recostadas a un ángulo aprox. de 30°"</i>	<i>"La posición de las bocinas hace que el ruido se encierre y haya que subir mucho el volumen o sea difícil distinguir las comunicaciones"</i>	<i>Las conexiones de los Jacks están salidas y al movernos nos pegan y esto está afectando la recepción/transmisión porque se están rompiendo"</i>	<i>"El panel de tiras se mueve al escribir en las tiras de progreso de vuelo y tira la secuencia de portatiras" "Las tiras no se deslizan adecuadamente"</i>	<i>"Los gabinetes de Rack son demasiado grandes" "Brazos de monitores estorba, las cajas reducen visibilidad a las calles de rodaje"</i>

Tabla 6: Cruce de información para contextualizar la Eficiencia de las Consolas

4.8 Mecanismos de Iluminación

De acuerdo a los testimonios obtenidos en la Observación Participante y Fichas de Experiencia de Uso, se puede deducir que los mecanismos de iluminación son elementos de la TCTA-IEC, que sirven para hacer visibles objetos que proveen información relacionada al trabajo comunicativo del CTA, así como manipular la luz natural y artificial, según las necesidades del CTA.

Para determinar qué tan fácil es usar los mecanismos de iluminación, se contextualizan las variables de la Usabilidad según las cualidades del espacio, así como las tareas comunicativas y las habilidades del CTA:

- **Eficiencia:** La provisión y distribución adecuada de mecanismos y luminarias para regular la iluminación natural y artificial de tal forma que no existan reflejos, deslumbramientos y som-

MECANISMOS DE ILUMINACIÓN	Variables de Usabilidad	Eficiencia			
	Cualidad Espacial	Tipo de Mecanismo	Tipo de Luminaria y Mecanismo	Tipo de Luminaria, Mecanismo y Distribución	Tipo de Luminaria, Mecanismo y Distribución
	Habilidades del CTA involucradas	Percepción, Carga Cognitiva	Percepción, Carga Cognitiva	NA	Percepción, Carga Cognitiva
	Tarea Comunicativa	Observación de Área de Jurisdicción	Acceso y Manipulación de la Información	NA	NA
	Instrumento	Observación Participante	Ficha de Experiencia de Uso	Ficha de Experiencia de Uso	Observación Participante
	Problemática	Deslumbramiento	Sombras	Sombras	Reflejos, Deslumbramientos
	Interpretación	Las ventanas generan ciertos reflejos y algunos CTA portan lentes polarizados para estar cómodos.	La iluminación en las superficies de trabajo es ineficiente	La iluminación en superficies de tránsito es inefectiva	Las luminarias no poseen pantallas adecuadas para el direccionamiento de la luz
	Testimonio	<i>"-Las ventanas... veo que hay reflejos, ¿les molesta mucho? -a mí en lo particular no... yo traigo lentes polarizados y quitan cierta cantidad"</i>	<i>"No hay luz adecuada para el escritorio y trabajar en la noche es complicado"</i>	<i>"La iluminación inferior de LED's (iluminación de consola a piso) está mal ubicada, debería de estar debajo de la superficie de trabajo de la consola, no en el piso para optimizar la superficie de iluminación"</i>	<i>"De esas lámparas (y pantallas), hasta lastiman al director"</i>

Tabla 7: Cruce de información para contextualizar la Eficiencia de los Mecanismos de Iluminación



bras distraiga al CTA o que lo fatigue.

Dicha contextualización se logró a partir de los testimonios obtenidos de los CTA, categorizados en la Tabla 7. Estos testimonios denotan tareas comunicativas, habilidades involucradas y cualidades espaciales; así como problemáticas re-

lacionadas con las mismas.

Con los testimonios obtenidos, se deduce que la iluminación debe proveer los medios necesarios para que la información sea observable, visible y legible.



Foto: TCTA del AICM. <http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n3655173.htm>.



Capítulo 5

Propuesta de Instrumento de Diagnóstico

La caracterización de las TCTA y sus estaciones de trabajo como IEC sirve para determinar las variables de Usabilidad que describen cómo éstas facilitan, apoyan o asisten el trabajo comunicativo del CTA. Asimismo, facilita la comprensión de su efecto sobre el desempeño laboral, lo cual evitará que los CTA sigan asumiendo las carencias de diseño como parte de sus responsabilidades. Sin embargo, es posible facilitar todavía más la comprensión de dicho efecto con la elaboración de un instrumento de diagnóstico rápido.

Es por ello que en este capítulo se presenta como propuesta, el **Instrumento de Diagnóstico Rápido del Diseño Comunicativo de las Es-**

taciones de Trabajo de los CTA para Torres de Control. Éste provee un **Índice de Desempeño de Consolas, Ventanas, Cabina e Iluminación**, cuyo propósito es facilitar la comprensión de la efectividad y eficiencia espacial comunicativa de la TCTA-IEC.

El propósito de dicho instrumento es localizar problemáticas en torno al diseño de la TCTA-IEC de tal forma que se optimicen y dirijan las investigaciones ergonómicas de las estaciones de trabajo de los CTA. Su uso se recomienda a diseñadores, arquitectos, ingenieros, CTA y todos los demás profesionales involucrados en el diseño de una TCTA.

5.1 Sistematización de variables de Usabilidad en secciones en el Instrumento

Para sistematizar en el instrumento las variables de Usabilidad encontradas en la investigación de campo, se consideró lo siguiente (Tablas 8 y 9):

- No es posible diferenciar las variables de efectividad y eficiencia debido a que no se evalúan procesos como tal, sino actividades básicas comunicativas (como ver, hablar, etc.).
- Las variables forma y alineación, no se pueden trasladar como tales en el instrumento, por ser demasiado específicas. Estas variables serán traducidas o integradas en otras como obstáculos visuales.
- Las variables que hablan sobre tipos de mecanismos fueron interpretadas como adaptabilidad, funcionalidad y uso de mecanismos.
- Las fuentes de iluminación no pueden ser evaluadas porque pueden variar por cada TCTA, por tanto se evalúan los elementos que se necesitan iluminar o que pueden reflejar luz, como superficies de trabajo.
- Se integraron variables que hablan sobre intensidad de sonido o acústica.
- Se integraron como secciones “obstáculos visuales”, “continuidad en la operación” y “visuales simultáneas”.

CABINA			CONSOLA		
Efectividad	Eficiencia	Instrumento	Efectividad	Eficiencia	Instrumento
Forma	Dimensión	Lectura de VDT	Forma	Tipo de Mecanismos	Dimensiones
Distribución	Distribución	Dimensión	Distribución	Distribución de Mecanismos	Distribución
Alineación		Forma	Dimensión		Intensidad de sonido
		Distribución			Visuales simultáneas
		Adaptabilidad de VDT			Adaptabilidad de instrumentos
		Acústica			Uso de instrumentos
		Continuidad en la operación			Adaptabilidad de VDT
					Funcionalidad de VDT

Tabla 8: Sistematización de variables de Usabilidad de Cabina y Consola en el Instrumento



ILUMINACIÓN		VENTANA		
Eficiencia	Instrumento	Efectividad	Eficiencia	Instrumento
Tipo de Mecanismo	Superficies de trabajo	Forma	Tipo de Mecanismos	Mecanismos
Tipo de Luminaria	VDT en general	Distribución		Claridad Visual
Distribución	Ventanas	Dimensión		Obstáculos Visuales

Tabla 9: Sistematización de variables de Usabilidad de Ventana e Iluminación en el Instrumento

5.2 Contenido del Instrumento de Diagnóstico

El instrumento presenta una portada, donde se deberá escribir el nombre de la Torre, el Aeropuerto y el evaluador que aplica el instrumento. Su contenido se divide en nueve partes, donde algunas se encuentran marcadas por un inciso o números. Primeramente se provee información sobre el instrumento y su llenado. Posteriormente, se solicitan datos que no afectan el Índice de Desempeño (inciso A); en tercer lugar se encuentran las partes 1-4 que corresponden al llenado que servirá para la construcción de dicho índice. Dichas partes (1-4) se dividen en secciones que hablan sobre cualidades específicas de los elementos de la TCTA-IEC (Tabla 10).

En la Tabla 10 se muestran todos los componentes del instrumento de diagnóstico. Partes como “Utilidad, Contenido e Instrucciones Generales”, “Lista de Definiciones y Abreviaturas” y “Lista de Recomendaciones”, vienen ilustradas en los anexos al final de este documento. Se recomienda consultar las definiciones para una mejor comprensión del instrumento.

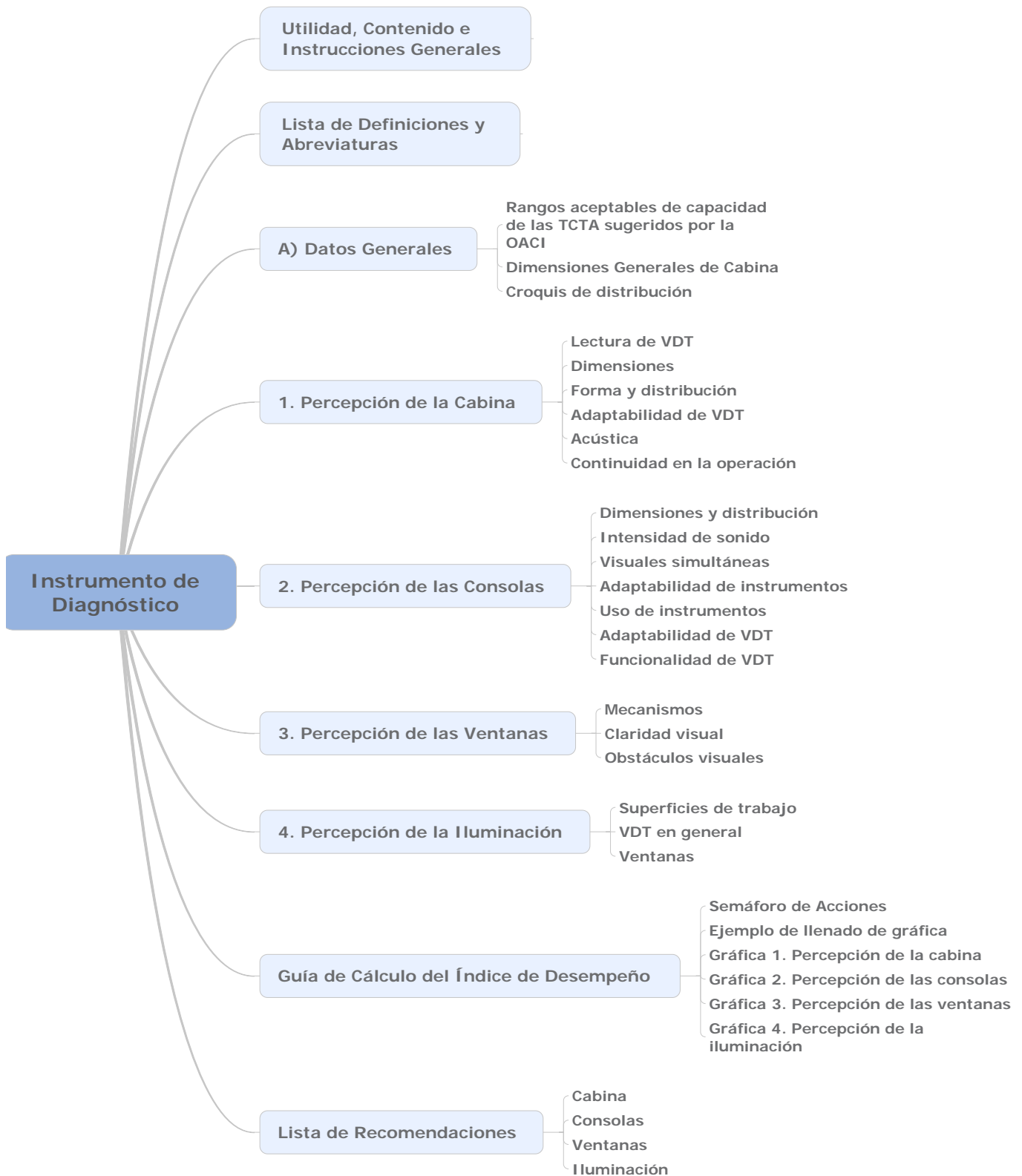


Tabla 10: Estructura del Instrumento de Diagnóstico.



5.3 Datos Generales

El fin de esta sección es brindar un panorama sobre las dimensiones de la cabina de la TCTA en cuestión para determinar si cumple con los rangos sugeridos por la OACI según la capacidad operativa de la Torre, expresada en cantidad de CTA o de estaciones de trabajo en su máxima operación.

Para su llenado, se solicita dividir el *Área Útil de Cabina* entre el *Número Máximo de Estaciones de Trabajo* para dar como resultado el *Área Máxima de Estación de Trabajo*. Este último dato servirá para cotejar con la tabla “Rangos Aceptables de Capacidad de las Torres de Control sugeridos por la Organización de Aviación Civil Internacional (Anexo 14)” (Figura 27).

Asimismo, se provee un espacio para observaciones particulares que tenga el evaluador al momento de llenado de dicha parte. Estas observaciones pueden ser entorno a las condiciones de la aplicación o información adicional sobre las dimensiones de la cabina.

Finalmente, se provee un espacio para dibujar un croquis de distribución de las consolas en cabina (Figura 28), donde se sugiere una simbología para estandarizar. Este croquis tiene como propósito identificar el llenado de la parte “2. Percepción de las Consolas” debido a que dicha sección se llenará según la cantidad de consolas existentes.

DATOS GENERALES			
Instrucciones: Llene los datos que se solicitan. Para obtener el <i>Área Máxima de Estación de Trabajo</i> , divida el <i>Área Útil de Cabina</i> entre el <i>Número Máximo de Estaciones de Trabajo</i> . Compare el resultado con la siguiente tabla para determinar si las dimensiones de las <i>estaciones</i> y <i>cabina</i> de la Torre de Control del Tráfico Aéreo quedan dentro de los rangos aceptables.			
RANGOS ACEPTABLES DE CAPACIDAD DE LAS TORRES DE CONTROL SUGERIDOS POR LA ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (ANEXO 14)			
CANTIDAD DE CTA O DE ESTACIONES DE TRABAJO	0-6 CTA	6-12 CTA	+12 CTA
ÁREA ÚTIL DE CABINA	0-21 m ²	21-50 m ²	+50 m ²
ÁREA DE ESTACIÓN DE TRABAJO	0-3.5 m ²	3.5-4.16 m ²	+4.16 m ²
DIMENSIONES GENERALES DE CABINA	i. <i>Área Útil de Cabina</i> (m ²)	<input type="text"/>	
	ii. <i>Número Máximo de Estaciones de Trabajo</i>	<input type="text"/>	
	iii. <i>Área Máxima de Estación de Trabajo</i> (m ²)	<input type="text"/>	
	iv. ¿Cumplen las dimensiones con los rangos sugeridos por la OACI?	Sí (Aceptable) <input type="checkbox"/> No (Inaceptable) <input type="checkbox"/>	
OBSERVACIONES: _____			

Figura 27: Parte “A) Datos Generales” del Instrumento de Diagnóstico

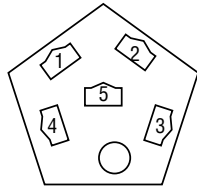
CROQUIS DE DISTRIBUCIÓN	
Instrucciones: Dibuje un croquis de la <i>cabina</i> mostrando las ubicaciones de todas las <i>consolas</i> existentes y enumérelas. Respete esta numeración para contestar la sección "Percepción de la Consola" según la cantidad de <i>consolas</i> .	
	<p style="text-align: center;">EJEMPLO</p>  <p style="text-align: center;">SIMBOLOGÍA SUGERIDA</p> <ul style="list-style-type: none"> Consola con orientación visual señalada Acceso a Cabina Forma de Cabina

Figura 28: Sección "Croquis de Distribución" en la parte "1. Percepción de la Cabina" del Instrumento de Diagnóstico

5.4 Percepción de la Cabina

Esta parte contiene reactivos divididos por secciones que describen cualidades específicas de la Cabina. Dichos reactivos consisten en preguntas cerradas, que deben de ser contestadas con opciones en escala de Likert; o afirmaciones, que deben ser confirmadas o negadas. Asimismo, para todos los reactivos se provee una casilla "No Aplica" (N/A) que se debe de marcar cuando el reactivo no corresponda a la realidad de la cabina (Figura 29).

De la misma forma que la parte anterior del instrumento, se provee en cada sección un espacio para observaciones en torno a condiciones de evaluación o elementos específicos concernientes a dicha sección.

PERCEPCIÓN DE LA CABINA								
Instrucciones: Basado en su observación desde la <i>posición neutral</i> en cada <i>estación de trabajo</i> , marque con una X las opciones que mejor describan su percepción de la <i>cabina</i> . En caso de que el reactivo no aplique, elija "N/A". Para contestar, tome en cuenta las tareas propias del CTA y la <i>máxima capacidad de uso</i> ; y descarte los <i>VDT de Uso Local</i> .								
NOTA: Deje los espacios de EVALUACIÓN en blanco hasta que haya terminado de contestar todo el instrumento.								
		N/A	Todas (100)	Muchas (75)	Algunas (50)	Pocas (25)	Ninguna (0)	EVALUACIÓN
	1. ¿Desde cuántas <i>estaciones de trabajo</i> los <i>VDT</i> son observables?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 29: Parte "1. Percepción de la Cabina" del Instrumento de Diagnóstico



5.5 Percepción de las Consolas

Esta parte posee reactivos cuyo llenado es igual al de la parte 1. La única indicación diferente es que dicha parte se debe de llenar según la cantidad de consolas es decir, si existen dos consolas, la parte se llenará dos veces, etcétera.

En la Figura 30 se puede observar que existe un espacio para indicar el número de la consola a la cual corresponde el llenado de esa parte del instrumento.

2 PERCEPCIÓN DE LAS CONSOLAS (CONSOLA # _____)					
<p>Instrucciones: Basado en su observación desde la <i>posición neutral</i> en cada <i>consola</i>, marque con una X las opciones que mejor describan su percepción. En caso de que el reactivo no aplique, responda "N/A". Para contestar, tome en cuenta las tareas propias del CTA y la <i>máxima capacidad de uso</i>; y descarte los <i>instrumentos de uso común</i>.</p> <p>NOTA: La sección 2 se repetirá de acuerdo al número de consolas existentes en <i>cabina</i>. Escriba en el título de esta sección el número de <i>consola</i> a calificar según el croquis dibujado en la sección 1. Deje los espacios de EVALUACIÓN en blanco hasta que haya terminado de contestar todo el instrumento.</p>					
		N/A	Sí (100)	No (0)	EVALUACIÓN
	18. La <i>consola</i> provee espacio para albergar sus componentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	19. El espacio de la <i>consola</i> permite una operación cómoda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Figura 30: Parte “2. Percepción de las Consolas” del Instrumento de Diagnóstico

5.6 Percepción de las Ventanas e Iluminación

El llenado de estas dos partes consiste en contestar los reactivos, cuya estructura y evaluación es igual a la parte 1.

5.7 Guía de Cálculo del Índice de Desempeño

En esta sección se explica el proceso de cálculo del **Índice de Desempeño**, que es el conjunto de porcentajes obtenidos en cada sección del instrumento, clasificados por partes (Percepción de Cabina, Consolas, Ventanas e Iluminación), relacionados con niveles de acciones, representados por gráficas y asociados con acciones de investigación específicas. El proceso inicia con el llenado de los espacios “Evaluación” encontrados en las partes 1 a 4, la comparación de los porcentajes obtenidos con el “Semáforo de Acciones”, la representación gráfica, y la consulta de la “Lista de Acciones Recomendadas”. De esta forma las instrucciones para el cálculo de dicho índice son:

A) Para calcular el Índice de Desempeño, es necesario que en para cada sección:

1. Sume los valores indicados por las escalas de cada reactivo. Escriba la sumatoria en el espacio “SUM” (Figura 31).
2. Divida la sumatoria entre el número de reactivos contestados “n” sin tomar en cuenta los reactivos N/A. Escriba el resultado en forma de porcentaje en el espacio “%” (Figura 31).

3. Compare el porcentaje con el Semáforo de Acciones (Figura 32) y escriba el código de color correspondiente en el espacio “C”.
4. Ubique el porcentaje en la gráfica pertinente, según la parte y sección correspondientes. Apóyese en el Ejemplo de Llenado de Gráfica (Figura 33).
5. Consulte la Lista de Acciones Recomendadas para mitigar los posibles problemas de diseño encontrados.

El Semáforo de Acciones ilustrado en la Figura 32 indica el nivel de acciones de cambio y de investigación a desempeñar de acuerdo a los porcentajes obtenidos, salvo para los porcentajes entre 90% y 100%, los cuales se consideran como aceptables. Una vez conocidas las acciones de cambio y de investigación, se puede consultar las listas de acciones recomendadas al final del instrumento, donde se señala qué aspectos se deben de investigar según cada parte y sección.

La representación gráfica de los porcentajes sirve para **visualizar rápidamente qué tan homogéneo es el desempeño** de cada elemento de la TCTA-IEC (Cabina, Consolas, Ventanas o Iluminación). Asimismo, dichas gráficas sirven para **comparar fácilmente los índices obtenidos** por otras aplicaciones del instrumento, ya sea en la misma u otras TCTA-IEC.

Las representaciones gráficas, junto con los niveles de acción y las acciones específicas de investigación forman el Índice de Desempeño que es útil para indicar problemáticas en el diseño comunicativo de la Cabina, Consolas, Ventanas e Iluminación, y el direccionamiento de las investigaciones ergonómicas para su mejoramiento.

N/A	Todas (100)	Muchas (75)	Algunas (50)	Pocas (25)	Ninguna (0)	EVALUACIÓN
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
						SUM:
						<input type="text"/>
						n:
						<input type="text"/>
						%:
						<input type="text"/>
						C:
						<input type="text"/>

Figura 31: Escala de Likert con valores de evaluación entre paréntesis y espacios para evaluar



SEMÁFORO DE ACCIONES

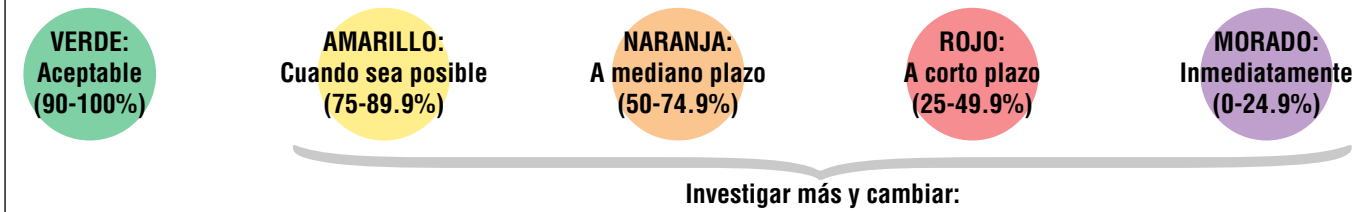


Figura 32: Semáforo de acciones

EJEMPLO DE LLENADO DE GRÁFICA

A continuación se muestran gráficas para cada parte del instrumento (*1-Cabina, 2-Consolas, 3-Ventanas, 4-Iluminación*). Para llenar cada gráfica es necesario ubicar los porcentajes obtenidos en los espacios indicados y señalar con puntos sus respectivos ejes. Una los puntos con líneas. Conteste en el sentido de las manecillas del reloj como se sugiere en el ejemplo de llenado de gráfica.

NOTA: En la gráfica de la consola, promedie los porcentajes de todas las consolas.

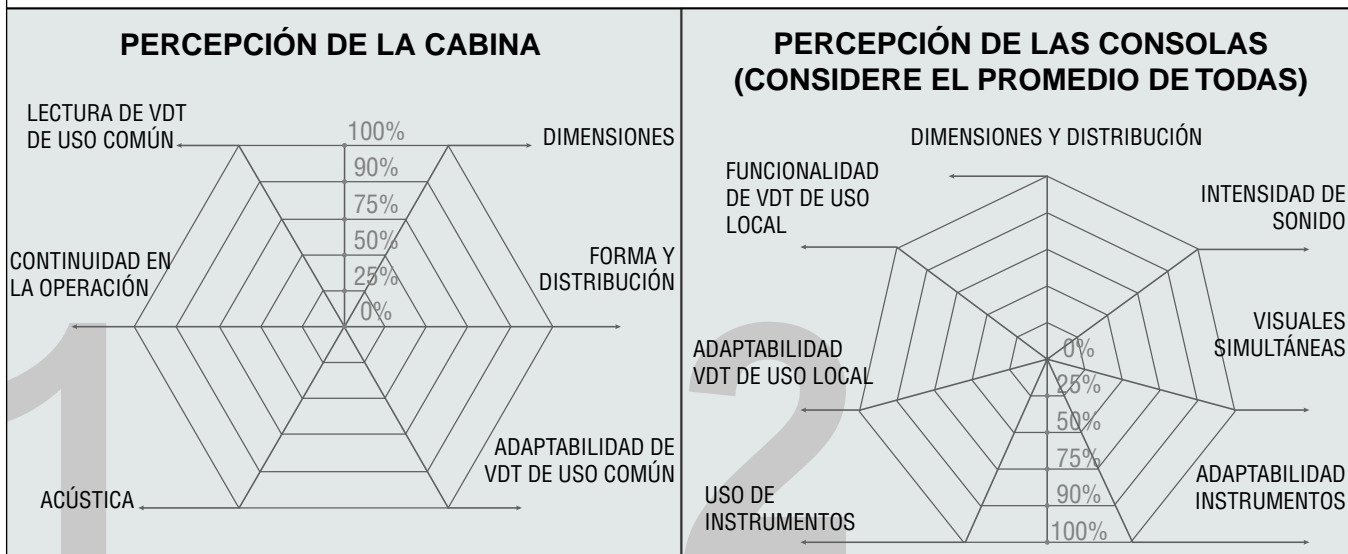


Figura 33: Ejemplo de Llenado de Gráfica y Gráficas

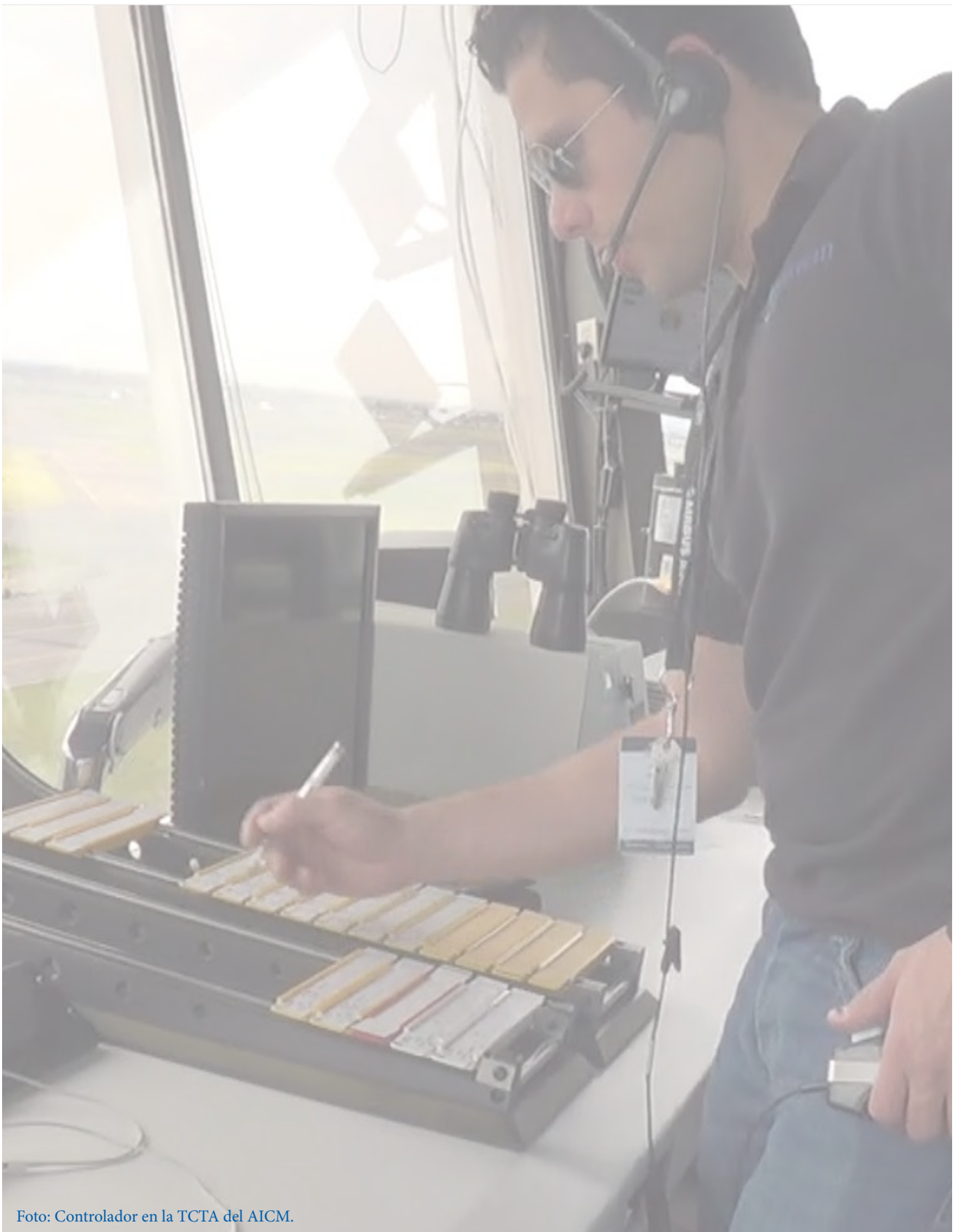


Foto: Controlador en la TCTA del AICM.

Capítulo 6

Índice de Desempeño de la TCTA del AICM

El **Instrumento de Diagnóstico Rápido del Diseño Comunicativo de las Estaciones de Trabajo de los CTA para Torres de Control** sirve para localizar problemáticas en torno al diseño comunicativo de las estaciones de trabajo de los CTA, formadas por ventanas, consolas, cabina e iluminación. Dicho instrumento provee un **Índice de Desempeño** de dichos elementos, según su efectividad eficiencia espacial comunicativa, que permite la comparación entre diversos momentos

de aplicación o para comparar los desempeños de distintas TCTA-IEC.

Sin embargo, para discutir el valor del instrumento es necesario aplicarlo en la TCTA del AICM de tal forma que se compare el índice resultante con los hallazgos de la investigación de campo. Esto servirá para buscar concordancias entre las problemáticas detectadas por las herramientas de investigación y las acciones recomendadas por el instrumento.

6.1 Datos Generales

En cuanto a la dimensión general de la cabina se encontró que ésta cumple con los rangos aceptables sugeridos por la OACI (1997) (Figura 34). Sin embargo, la cabina sigue percibiéndose re-

ducida para albergar las estaciones de trabajo de los CTA. Las explicaciones más directas a esto se dieron en la parte de la percepción de la cabina.

DIMENSIONES GENERALES DE CABINA	i. Área Útil de Cabina (m ²)	60.00
	ii. Número Máximo de Estaciones de Trabajo	12
	iii. Área Máxima de Estación de Trabajo (m ²)	5.00
	iv. ¿Cumplen las dimensiones con los rangos sugeridos por la OACI?	Sí (Aceptable) <input checked="" type="checkbox"/> No (Inaceptable) <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES: _____		
Aun así el área de cabina sigue percibiéndose reducida en área		
CROQUIS DE DISTRIBUCIÓN		
Instrucciones: Dibuje un croquis de la <i>cabina</i> mostrando las ubicaciones de todas las <i>consolas</i> existentes y enumérelas. Respete esta numeración para contestar la sección "Percepción de la Consola" según la cantidad de <i>consolas</i> .		
	EJEMPLO 	SIMBOLOGÍA SUGERIDA

Figura 34: Parte A) del Instrumento contestada



6.2 Cabina

En cuanto a la cabina de la TCTA-IEC del AICM, se encontró que (Figura 35):

1. La lectura de VDT se dificulta por el tamaño de los monitores.
2. Aunque las dimensiones de la cabina son aceptables según los rangos de la OACI, se percibe un espacio pequeño porque las consolas ocupan mucho espacio.
3. Las columnas impiden obstaculizan principalmente la visual de Terrestre y Torre.
4. El PC Gate y el Radar Doppler no cuentan con mecanismos para adaptar su posición o inclinación.
5. La acústica no representa una amenaza para el desempeño de los CTA.
6. Los CTA de Terrestre interrumpen mucho la atención por estar intercambiando tiras de progreso de vuelo con los CTA de Torre. Asimismo, los CTA de Terrestre, suelen interrumpir la visual a los CTA de Torre debido a que éstos realizan su trabajo seguidamente de pie.

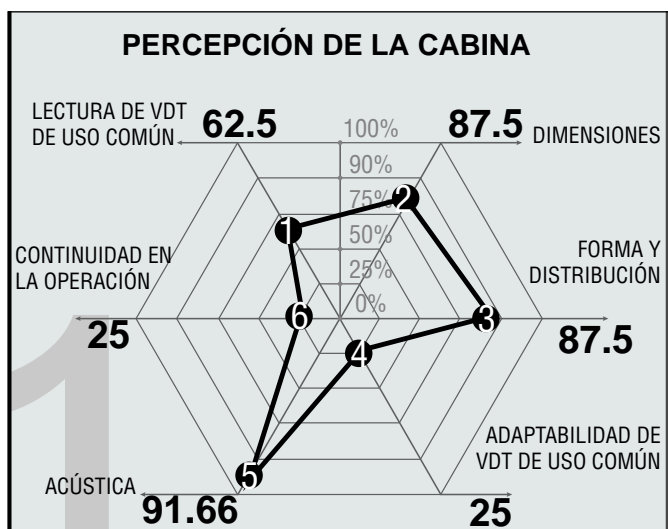


Figura 35: Desempeño de Cabina de la TCTA-IEC del AICM

Esto es congruente con los testimonios de los CTA documentados en la investigación de campo, sobre todo en las secciones 1, 3, 5 y 6, que hablan del uso de los VDT, dimensiones, forma y distribución de la cabina, y continuidad de la operación (Figura 35).

Dentro de los hallazgos adicionales, se detectó que una explicación de la percepción pequeña de la cabina es debido a que las consolas ocupan gran cantidad de espacio. Esto es evidente si se compara una fotografía del diseño anterior a la adaptación de la cabina en 2015 (Figura 36 y 37). En la Figura 36 se observa que la consola de posición Torre ofrece más espacio para el CTA que en el nuevo diseño (Fig. 37), debido a que la configuración en forma de hexágono restó mucho espacio. Esta situación se ve confirmada en la parte percepción de las consolas.

Con respecto a la sección 4, (adaptabilidad de VDT) se determinó que, como los VDT se encuentran lejos del alcance del CTA, sería conve-

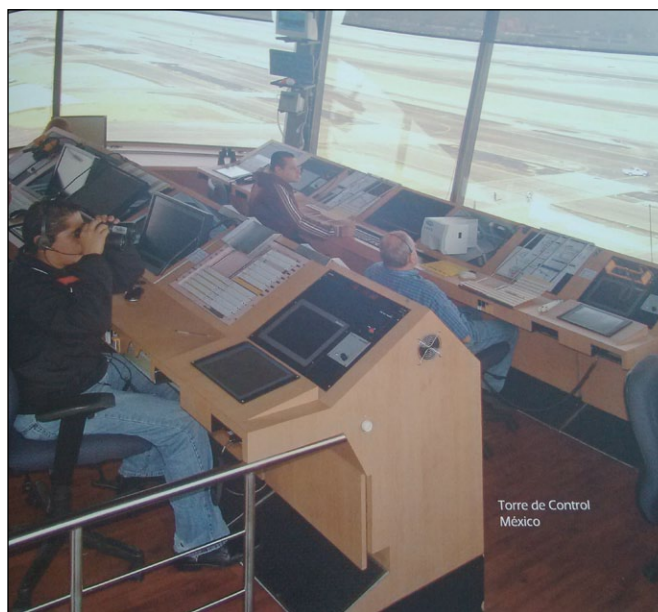


Figura 36: Diseño de la TCTA del AICM antes del 2015. Fuente: SENEAM 3 Décadas (SCT, 2008).



Figura 37: Diseño de la TCTA del AICM posterior a la adaptación del 2015.

niente contar mecanismos como brazos para bajar fácilmente los monitores y hacerles los ajustes que se requieran en cuanto a brillo, giro, etc.

Finalmente, se deduce que los aspectos más urgentes a atender para la parte de cabina, son la adaptabilidad y tamaño de VDT; y la disposición de posiciones Torre y Terrestre, que crea obstáculos visuales e interrupciones a la atención de los CTA (continuidad de la operación).

6.2 Consolas

Dentro de los resultados sobre las consolas, se encontró que:

- Debido a que la consola de Autorizaciones no estuvo pensada para la posición DRS, quedó muy reducida.
- La configuración de Hexágono de la posición Torre resultó poco conveniente porque dificulta que más de 2 CTA trabajen en ella.

- Algunos VDT o instrumentos no tienen un espacio destinado específico, por lo cual su uso no es cómodo.
- El rack de tiras y el reloj impactan negativamente en la distribución de los elementos por ser muy grandes.
- Los CTA en las consolas comparten instru-

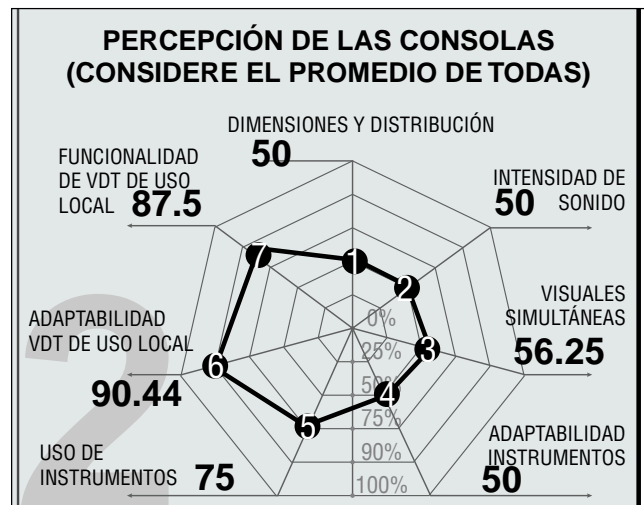


Figura 38: Desempeño de las Consolas de la TCTA-IEC del AICM



PERCEPCIÓN DE LAS CONSOLAS							
Posición	Dimensión y Distribución	Intensidad de Sonido	Visuales Simultáneas	Adaptabilidad Instrumentos	Uso de Instrumentos	Adaptabilidad VDT de Uso Local	Funcionalidad de VDT de Uso Local
Autorizaciones	0.0	50.0	-	50.0	87.5	81.3	83.3
Terrestre	66.7	50.0	75.0	50.0	62.5	93.8	66.7
Helicópteros	66.7	50.0	75.0	50.0	87.5	93.8	100.0
Torre	66.7	50.0	75.0	50.0	62.5	93.8	100.0
PROMEDIO	50.0	50.0	75.0	50.0	75.0	90.6	87.5

Tabla 11: Calificación de cada consola por sección

mentos y VDT mientras que la situación ideal debería ser que cada uno contara los propios.

- Los VDT son demasiado pesados para sus brazos, por lo cual no pueden adaptarse en posiciones deseadas por los CTA.

En cuanto al comportamiento de las secciones, se observa en la Tabla 11 que las secciones mejor calificadas son las que están en relación a los VDT, mientras que las peor calificadas están en relación a la calidad de las bocinas, dimensión, distribución y adaptabilidad y uso de instrumentos. Una de las explicaciones de esto es que el rack de tiras y el reloj de las consolas tuvieron un impacto negativo, reduciendo espacio y dificultando el trabajo a nivel general (Figura 39).

Los resultados coinciden en su totalidad con lo reportado en la investigación de campo. Sin embargo, se esperaba que la consola peor ca-



Figura 39: Espacio reducido por el reloj y el rack de tiras en la consola de helicópteros

lificada fuera la de Torre, debido a la falta de espacio para que 3 CTA puedan trabajar. En cambio, la consola peor calificada fue la de Autorizaciones, debido a que el DRS fue colocado de forma improvisada (Figura 40).



Figura 40: Posicionamiento improvisado del DRS

6.3 Ventanas

Dentro de los resultados sobre las consolas, se encontró que:

- Los mecanismos de las cortinas son inalcanzables y por tanto, difíciles de usar.
- Los perfiles pueden ser un obstáculo si la posición neutral del CTA está alineada con ellos.

Esto es congruente con lo que se encontró en la investigación de campo e impacta directamente a la percepción de la iluminación natural.

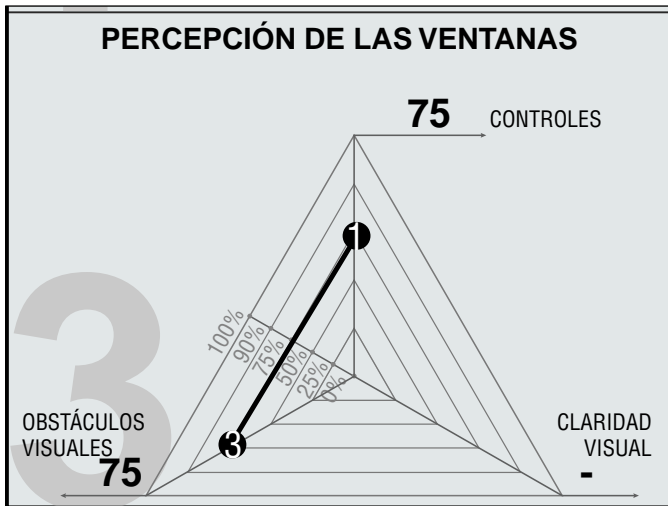


Figura 41: Desempeño de las Ventanas de la TCTA-IEC del AICM

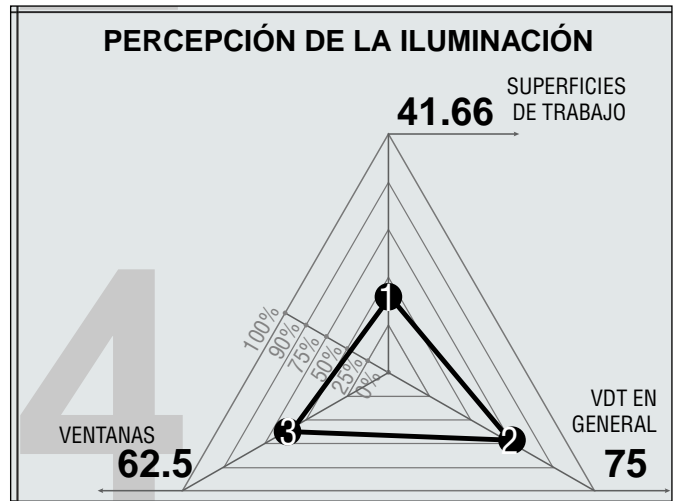


Figura 42: Desempeño de la Iluminación de la TCTA-IEC del AICM

6.4 Iluminación

Dentro de los resultados sobre la iluminación (natural y artificial), se encontró que:

- La iluminación artificial es deficiente debido a que deslumbra y crea sombras.
- Algunos VDT reflejan la luz, lo cual dificulta en gran medida su lectura (Figura 43).
- Las cortinas no cubren en su totalidad las ventanas, dejando espacios por donde la luz incide directamente (Figura 44).

Las posiciones más afectadas por la iluminación fueron Autorizaciones y Terrestre, que tienen incidencia solar directa todos los días durante las tardes, lo cual es congruente con el análisis de iluminación natural hecha en la investigación de campo. Por otro lado, se detectó que las posiciones afectadas por la iluminación artificial fueron todas a nivel general, debido a que su equipamiento es igual de deficiente.



Figura 43: Monitor de ASDE con reflejos



Figura 44: Ineficiencia de las cortinas

6.7 Discusión de Beneficios del Instrumento

El resultado que arrojó el Índice de Desempeño de Cabina, Consolas, Ventanas e Iluminación fue congruente con los hallazgos de encontrados en la investigación de campo. La sistematización de las variables de Usabilidad en secciones permitió observar y localizar de forma rápida problemáticas como obstáculos visuales y distractores al CTA. Dichas problemáticas fueron asociadas con cualidades espaciales comunicativas como dimensiones, distribución, iluminación, y uso de instrumentos y VDT.

En cuanto a hallazgos adicionales, el instrumento de evaluación aportó ciertas ventajas sobre la investigación de campo debido a que ciertas problemáticas fueron aclaradas gracias a la propuesta de cotejo con las recomendaciones hechas por organismos competentes como la OACI. Este cotejo permitió confirmar que no sólo las dimensiones generales de cabina garantizan un buen dimensionamiento de las estaciones de trabajo de los CTA, sino que factores como distribución específica de acuerdo a sus necesidades

laborales son necesarios. Este hallazgo solidifica la necesidad de las investigaciones ergonómicas e instrumentos de diagnóstico sin importar si las TCTA cumplen o no con las normas existentes.

En relación a su futuro uso en otras TCTA, se espera que las posibles problemáticas halladas por dicho instrumento sean similares en tipo (más no en magnitud) a las encontradas en la TCTA del AICM, las cuales, en su mayoría, podrán ser resueltas con investigaciones ergonómicas enfocadas en mejorar la distribución de los elementos en las estaciones de trabajo del CTA, según sus necesidades.

Por anteriormente mencionado, la aplicación del instrumento es recomendada debido a que:

- Permite la flexibilidad frente a la diversidad de TCTA, de tal forma que cuando ciertos reactivos no apliquen, el Índice de Desempeño no se vea afectado.
- Su aplicación puede ser repetida en cualquier TCTA debido a que las problemáticas se localizan en la mayor parte en características generales de las consolas, ventanas, cabina e iluminación, componentes básicos de las estaciones de trabajo del CTA.



Foto: Controladores en la TCTA del AICM. http://www.seneam.gob.mx/galeria_doopler_twr.asp.

Conclusiones

El diseño de las estaciones de trabajo debe de corresponder con las necesidades laborales de sus usuarios, de tal forma que sus actividades se vean potenciadas y no dificultadas. Esta correspondencia puede ser garantizada mediante un estudio desde la Ergonomía, cuya exhaustividad estará relacionada con la complejidad de las actividades del usuario. Tal es el caso de los CTA en las TCTA, que debido a la complejidad de sus tareas, en ciertas ocasiones asumen las carencias de diseño como parte de su puesto de trabajo, aumentando situaciones de fatiga y estrés en ellos y por tanto, impactando en su desempeño comunicativo.

Es por ello que esta investigación se propuso optimizar el estudio y diagnóstico del diseño espacial comunicativo de las estaciones de trabajo de los CTA en las TCTA con un instrumento de diagnóstico rápido. El alcance de este objetivo permitió los siguientes aportes:

- Describir a las TCTA como un sistema complejo con características sociales, técnicas y cibernéticas; sujeto al escrutinio de la Ergonomía.
- Visualizar a la TCTA como TCTA-IEC, de tal manera que pueda ser analizada bajo variables de la Usabilidad como efectividad y eficiencia es decir, la precisión y los recursos con

los que el usuario logra sus objetivos.

- Identificar las cualidades de los elementos de la TCTA-IEC (Cabina, Consolas, Ventanas e Iluminación) que sirven como herramientas para el logro de objetivos del CTA.
- Evaluar la efectividad y eficiencia según el alcance de tareas básicas comunicativas como observar, hablar, etc. y relacionar su impacto en los estados cognitivos del CTA como la atención y conciencia de la situación.
- Establecer un Índice de Desempeño de Cabina, Consolas Ventanas e Iluminación según las variables de efectividad y eficiencia espacial comunicativas.

Dichos aportes específicos para las TCTA, permiten a su vez la comprensión de los espacios interactivos cuyos objetivos sistémicos principales sean de orden comunicativo (Figura 45). Esto es útil porque servirá para determinar qué componentes espaciales son los que asisten el acceso de la información o la comunicación con otros usuarios; y qué cualidades deben de presentar.

Dentro de la disciplina de la arquitectura, el brindar un esquema analítico de los espacios según su interactividad facilitará, entre otras cosas, la integración de elementos tecnológicos de forma ergonómica y usable. Esto cambiará a la disciplina en cuanto la definición de sus fronteras

INTERFAZ ESPACIAL COMUNICATIVA



Figura 45: Contextualización del sistema ergonómico según las IEC

y permitirá al arquitecto crear un puente entre su práctica y la de otras disciplinas, como la ingeniería, el diseño, la psicología, ergonomía, etc.

Para alcanzar el objetivo de la investigación se consideró pertinente el AICM como caso de estudio, pues éste representa uno de los aeropuertos más importantes a nivel nacional a según su historia y cantidad de operaciones. Asimismo, representa un predecesor directo en Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México, el cual se planea que entre en operaciones el 2020. Esto quiere decir que el diagnóstico del AICM podrá impactar no sólo en la optimización de sus instalaciones para atender la demanda operacional hasta el 2020, sino que puede impactar en el perfeccionamiento del diseño de la TCTA del NAICM, así como en los demás aeropuertos existentes y en desarrollo a nivel nacional.

Al implementar en la investigación de

campo el análisis de campo visual e incidencia solar, así como las fichas de experiencia de uso y la observación participativa se identificaron las consolas, ventanas, cabina e iluminación como componentes principales de las IEC, así como las cualidades principales necesarias para que éstas asistan las actividades comunicativas del CTA. Estas técnicas permitieron a su vez comprender la complejidad laboral y relacionarla con el diseño de las estaciones de trabajo. Se considera valioso aplicar este tipo de técnicas porque involucra al usuario y visibiliza sus necesidades, bajo el esquema del Diseño Centrado en el Usuario.

Finalmente, como conclusiones específicas se destaca que:

- El instrumento de diagnóstico permitió establecer una relación entre la efectividad y eficiencia comunicativa con el diseño de las estaciones de trabajo del CTA. Sin embargo,



siguen siendo necesarias las investigaciones ergonómicas para determinar en qué magnitud la eficiencia y efectividad se ven afectadas, con el fin de optimizarlas.

- Se logró determinar en qué tareas comunicativas el diseño de las estaciones de trabajo del CTA puede intervenir, pero siguen siendo necesarias investigaciones específicas para conocer la influencia directa en procesos cog-

nitivos como la atención, carga cognitiva y conciencia sobre la situación.

- Aunque la comparación de los resultados del instrumento con la investigación de campo solidifica la utilidad del instrumento, sigue siendo necesaria su aplicación en otras TCTA para determinar qué tan exacto es el Índice de Desempeño.

Glosario

- Área de Jurisdicción: área del aeropuerto que es monitoreada por cada CTA según su puesto de trabajo.
- Área Máxima de Estación de Trabajo: área resultante de la división del área útil de cabina entre el número máximo de estaciones de trabajo.
- Área Útil de Cabina: área en cabina ocupada por todas las estaciones de trabajo.
- Cabina: espacio de la Torre de Control del Tráfico Aéreo donde trabajan los CTA. Está equipada con todos los instrumentos de trabajo y consolas, y se encuentran delimitadas por muros con ventanas por donde los CTA pueden observar a sus áreas de jurisdicción.
- Campo Visual: espacio que abarca la vista.
- Consola: mueble y superficie de trabajo continuos donde los instrumentos de trabajo de uno o varios CTA se encuentran instalados.
- Contraste: cambio de luz que afecta la vista.
- CTA: Controlador del Tráfico Aéreo.
- Estación de Trabajo: área de trabajo del CTA en donde desarrolla las actividades que competen a sus responsabilidades laborales. Dependiendo de cada puesto de trabajo, la estación incluye la consola con sus instrumentos, los VDT instalados en cabina y las ventanas por donde observa sus áreas de jurisdicción.
- Índice de Desempeño: conjunto de porcentajes en cada sección del instrumento, clasificados por cada parte (Percepción de Cabina, Consolas, Ventanas e Iluminación), relacionados con niveles de acciones, representados por gráficas y asociados con acciones de investigación específicas. Su propósito es facilitar la comprensión de la efectividad y eficiencia espacial comunicativa de las estaciones de trabajo del CTA.
- Instrumento de Respaldo: instrumento del cual se dispone cuando el de uso cotidiano falla o no puede ser usado. En ocasiones, los instrumentos de respaldo también pueden ser redundantes.
- Instrumento de Uso Cotidiano: herramienta de trabajo del CTA que se usan en situaciones operacionales normales.
- Instrumento Redundante: VDT o Instrumento alternativos con los que un CTA puede obtener la



misma información o hacer las mismas tareas. Pueden ser idénticos o similares.

- Instrumentos: herramientas de trabajo del CTA. De acuerdo al estado de la operación, pueden ser de uso cotidiano, de respaldo o redundantes.
- Máxima Capacidad de Uso: uso de todos los instrumentos en las estaciones de trabajo bajo condiciones de operación de alta demanda (descarte los instrumentos de respaldo).
- Número Máximo de Estaciones de Trabajo: número correspondiente a la cantidad máxima de CTA contemplada trabajando simultáneamente en la Torre.
- Plan de Crecimiento de Personal: previsión sobre el aumento de personal contemplada por autoridades competentes de la Torre de Control.
- Plan de Crecimiento Tecnológico: previsión sobre el aumento o actualización de instrumentos contemplada por autoridades competentes de la Torre de Control.
- Posición Neutral: posición sedente del CTA en su estación de trabajo es decir, sentado en frente de la consola y viendo hacia adelante.
- Grupos Funcionales: grupos de puestos de trabajo de control donde se efectúan operaciones que precisan disponibilidades operacionales próximas o directas y pueden así beneficiarse de las ventajas de la proximidad de otros puestos de trabajo (ISO 11064).
- Reverberación: reforzamiento y persistencia de un sonido en un espacio más o menos cerrado.
- Tiras de Progreso de Vuelo: un tipo de documento que sirve para indicar información del vuelo y orden de operación. Pueden ser tiras digitales o físicas. En México actualmente se usan las físicas.
- Uso Común: instrumentos compartidos entre varias estaciones de trabajo.
- Uso Local: instrumentos usados en una consola.
- Ventana: elemento de la Torre de Control del Tráfico Aéreo por donde observa el aeropuerto, los patrones de tráfico y meteorológicos. La forma un panel translúcido, sus estructuras y los controles de iluminación natural.



Foto: Aviones AICM. <http://www.aicm.com.mx/>.



Referencias

- Abras, C., Maloney-Krichmar, D., & Preece, J. (2004). User-centered design. *Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction. Thousand Oaks: Sage Publications*, 37(4), 445–456.
- Bevan, N. (2001). International standards for HCI and usability. *International Journal of Human - Computer Studies*, 55(4), 533–552. <http://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0483>
- Celentano, A., & Dubois, E. (2015). Evaluating metaphor reification in tangible interfaces. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 9(3), 231–252. <http://doi.org/10.1007/s12193-015-0198-z>
- Durso, F. T., & Nickerson, R. S. (2007). *Handbook of applied cognition* (2nd ed.). Chichester, England ; Hoboken, NJ: Wiley.
- FAA. (2014, March 10). Roles and Responsibilities of Air Traffic Control Facilities [template]. Retrieved July 8, 2015, from https://www.faa.gov/jobs/career_fields/aviation_careers/atc_roles/
- Flores, C. (2001). *Ergonomía para el diseño*. México : Designio, 2001.
- Fürstenau, N., Rudolph, M., Schmidt, M., & Werther, B. (2001). Virtual Tower. *Wettbewerb Der Visionen, 2004*, 16–21.
- Fürstenau, N., Schmidt, M., Rudolph, M., Möhlenbrink, C., Papenfu\ s, A., & Kaltenhäuser, S. (2009). Steps Towards the Virtual Tower: Remote Airport Traffic Control Center (RAiCe). *Reconstruction*, 1(2), 14.
- Gibson, W. F. (2007). *How to do systems analysis*. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience.
- Gog, T., Paas, F., & Sweller, J. (2010). Cognitive Load Theory: Advances in Research on Worked Examples, Animations, and Cognitive Load Measurement. *Educational Psychology Review*, 22(4), 375–378. <http://doi.org/10.1007/s10648-010-9145-4>
- Hollnagel, E. (1997). Cognitive ergonomics: it's all in the mind. *Ergonomics*, 40(10), 1170–1182. <http://doi.org/10.1080/001401397187685>
- IEA. (2000). Definition and Domains of ergonomics | IEA Website. Retrieved September 8, 2015, from <http://www.iea.cc/whats/index.html>
- ISO 9241-11. (1998). ISO 9241-11:1998 - Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability. Retrieved August 26, 2015, from http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883

- ISO, I. O. for S. (2013). *ISO 11064-4:2013 - Ergonomic design of control centres*. Retrieved from http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=54419
- Jordan, P. (2003). *Designing Pleasurable Products An Introduction to the New Human Factors*. Hoboken: Taylor and Francis.
- Jordan, P. W. (1998). *An Introduction To Usability*. CRC Press.
- Lean, M. (1999). *Sense-perception and matter a critical analysis of C.D. Broad's theory of perception*. London: Routledge.
- Molich, R., & Nielsen, J. (1990). Improving a human-computer dialogue. *Communications of the ACM*, 33(3), 338–348. <http://doi.org/10.1145/77481.77486>
- Neisser, U. (1994). Multiple systems: A new approach to cognitive theory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 6(3), 225–241. <http://doi.org/10.1080/09541449408520146>
- Norman, D. A., & Draper, S. W. (1986). *User centered system design: new perspectives on human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: LErlbaum Associates.
- OACI, I. C. A. O. (1997). *Annex 14 Aerodrome Design*. ICAO.
- Rizopoulos, C., & Charitos, D. (2011). Implications of Theories of Communication and Spatial Behavior for the Design of Interactive Environments.
- Rowlands, M. (1999). *The body in mind : understanding cognitive processes*. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press.
- Ruíz, M., & Díaz, R. (2003). *Aeropuertos : historia de la construccion, operacion y administracion aeroportuaria en Mexico*. México : Aeropuertos y Servicios Auxiliares, 2003.
- SCT. (2008). *SENEAM TRES DÉCADAS 1978 - 2008*.
- SCT. (2014). Por qué un nuevo aeropuerto para México | NAICM | aeropuerto.gob.mx. Retrieved August 8, 2015, from <http://www.aeropuerto.gob.mx/por-que-un-nuevo-aeropuerto-para-mexico.php>
- SENEAM. (2014a, March 18). Objetivo como Egresado del Curso de CTA. Retrieved September 4, 2015, from <http://www.seneam.gob.mx/cta/egresado.asp>
- SENEAM. (2014b, August 20). ¿Qué es SENEAM? Retrieved July 8, 2015, from <http://www.seneam.gob.mx/breve/quees.asp>



- Shannon, C. E. (2001). A mathematical theory of communication. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, 5(1), 3–55.
- Shneiderman, B. (2010). *Designing the user interface : strategies for effective human-computer interaction* (5th ed.). Boston: Addison-Wesley.
- Stassen, H. G., Johannsen, G., & Moray, N. (1990). Internal representation, internal model, human performance model and mental workload. *Automatica*, 26(4), 811–820. [http://doi.org/10.1016/0005-1098\(90\)90057-O](http://doi.org/10.1016/0005-1098(90)90057-O)
- Stichweh, R. (2008). Systems Theory. Retrieved April 1, 2015, from http://www.fw.uni-bonn.de/demokratieforschung/personen/stichweh/pdfs/80_stw_systems-theory-international-encyclopedia-of-political-science_2.pdf/view
- von Bertalanffy, L. (1973). *General system theory : foundations, development, applications* (Rev. ed.). New York: GBraziller.
- Wiener, N. (1961). *Cybernetics; or, Control and Communication in the animal and the machine*. (2d ed.). New York, MITPress.

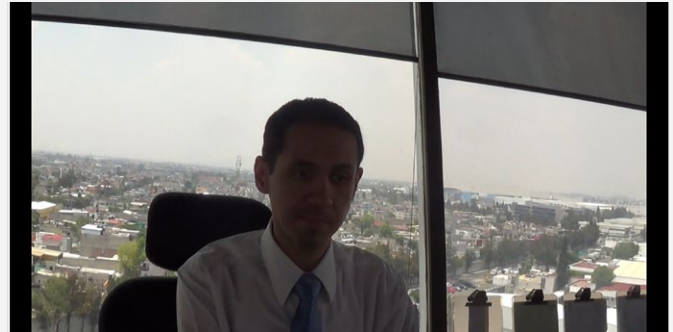
Anexo A: Línea de Tiempo



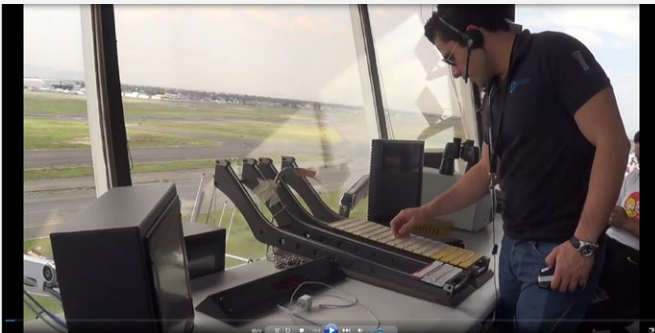
Anexo B: Videos



Video 1: Observación Participante 1



Video 4: Entrevista 1



Video 2: Observación Participante 2



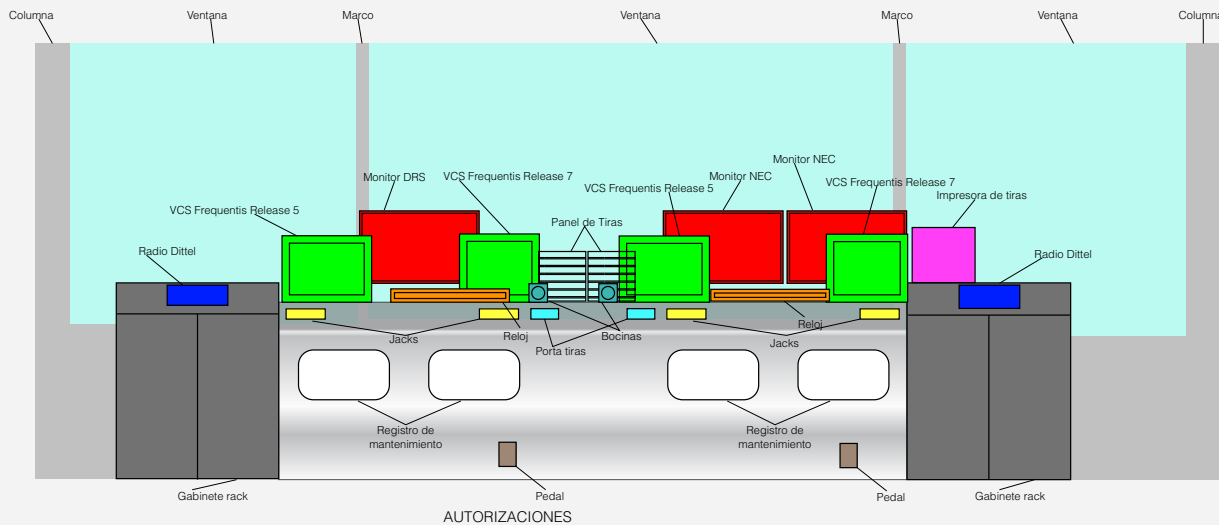
Video 5: Entrevista 2



Video 3: Observación Participante 3

Anexo C: Ficha de Experiencia de Uso

Nombre: _____ Edad: _____ Puesto de trabajo: _____



Describe su experiencia en el uso de las consolas, puede hacer sugerencias de cambios en el diagrama (puede escribir detrás de la hoja)



Anexo D: Instrumento de Evaluación



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Programa de Maestría en Diseño Industrial

Campo de Conocimiento: Ergonomía

DIAGNÓSTICO RÁPIDO DEL DISEÑO COMUNICATIVO DE LAS ESTACIONES DE TRABAJO DE LOS CTA

Instrumento para Torres de Control

NOMBRE DEL AEROPUERTO O DE LA TORRE: AICM

NOMBRE DEL EVALUADOR: _____

FECHA DE APLICACIÓN: _____



UTILIDAD DEL INSTRUMENTO

Con este instrumento se diagnostican las cualidades del diseño comunicativo en las estaciones de trabajo de los Controladores del Tráfico Aéreo mediante el Índice de Desempeño de la Cabina, Consolas, Ventanas e Iluminación de la Torre de Control.

El Índice de Desempeño sirve para dirigir y optimizar las investigaciones ergonómicas enfocadas a resolver problemáticas en el diseño de dichas estaciones de trabajo.

CONTENIDO

INSTRUCCIONES GENERALES

DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A) DATOS GENERALES

TABLA 1. RANGOS ACEPTABLES DE CAPACIDAD DE LAS TORRES DE CONTROL SUGERIDOS POR LA ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL

SECCIÓN I. DIMENSIONES GENERALES DE CABINA

SECCIÓN II. CROQUIS DE DISTRIBUCIÓN

1) PERCEPCIÓN DE LA CABINA

SECCIÓN 1.1. LECTURA DE VDT DE USO COMÚN

SECCIÓN 1.2. DIMENSIONES

SECCIÓN 1.3. FORMA Y DISTRIBUCIÓN

SECCIÓN 1.4. ADAPTABILIDAD DE VDT DE USO COMÚN

SECCIÓN 1.5. ACÚSTICA

SECCIÓN 1.6. CONTINUIDAD EN LA OPERACIÓN

2) PERCEPCIÓN DE LAS CONSOLAS

SECCIÓN 2.1. DIMENSIONES

SECCIÓN 2.2. CALIDAD DE SONIDO

SECCIÓN 2.3. ADAPTABILIDAD DE INSTRUMENTOS

SECCIÓN 2.4. USO DE INSTRUMENTOS

SECCIÓN 2.5. ADAPTABILIDAD DE VDT DE USO LOCAL

SECCIÓN 2.6. FUNCIONALIDAD DE VDT DE USO LOCAL

SECCIÓN 2.7. VISUALES SIMULTÁNEAS

3) PERCEPCIÓN DE LAS VENTANAS

SECCIÓN 3.1. MECANISMOS

SECCIÓN 3.2. OBSTÁCULOS VISUALES

SECCIÓN 3.3. CLARIDAD VISUAL

4) PERCEPCIÓN DE LA ILUMINACIÓN

SECCIÓN 4.1. SUPERFICIES DE TRABAJO

SECCIÓN 4.2. VDT EN GENERAL

SECCIÓN 4.3. VENTANAS

GUÍA DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DESEMPEÑO

SEMÁFORO DE ACCIONES

EJEMPLO DE LLENADO DE GRÁFICA

GRÁFICA 1. PERCEPCIÓN DE LA CABINA

GRÁFICA 2. PERCEPCIÓN DE LAS CONSOLAS

GRÁFICA 3. PERCEPCIÓN DE LAS VENTANAS

GRÁFICA 4. PERCEPCIÓN DE LA ILUMINACIÓN

LISTA DE ACCIONES RECOMENDADAS

INSTRUCCIONES GENERALES

Este instrumento de evaluación consta de 5 partes: *A) Datos Generales, 1) Percepción de la Cabina, 2) Percepción de las Consolas, 3) Percepción de las Ventanas y 4) Percepción de la Iluminación*. Para contestarlas, es necesario considerar la *Lista de Definiciones y Abreviaturas*. Para calcular el Índice de Desempeño se provee al final del instrumento una *Guía de Cálculo del Índice de Desempeño*.

Conteste todos los reactivos del instrumento en orden y posteriormente, calcule el Índice de Desempeño.

Consideraciones: Para aplicar este instrumento es necesaria una capacitación previa. Anexe evidencia fotográfica o de cualquier otra índole para ilustrar los resultados obtenidos.



LISTA DE DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

USUARIO PRINCIPAL DE LAS TORRES DE CONTROL DEL TRÁFICO AÉREO

- **CTA:** Controlador del Tráfico Aéreo.

ELEMENTOS QUE FORMAN LAS ESTACIONES DE TRABAJO

- **Instrumentos:** herramientas de trabajo del CTA. De acuerdo al estado de la operación, pueden ser de uso cotidiano, de respaldo o redundantes.
- **Instrumento de Uso Cotidiano:** herramienta de trabajo del CTA que se usan en situaciones operacionales normales.
- **Instrumento Redundante:** VDT o Instrumento alternativos con los que un CTA puede obtener la misma información o hacer las mismas tareas. Pueden ser idénticos o similares.
- **Instrumento de Respaldo:** instrumento del cual se dispone cuando el de uso cotidiano falla o no puede ser usado. En ocasiones, los instrumentos de respaldo también pueden ser redundantes.
- **Tiras de Progreso de Vuelo:** un tipo de documento que sirve para indicar información del vuelo y orden de operación. Pueden ser tiras digitales o físicas. En México actualmente se usan las físicas.

TAREAS Y RESPONSABILIDADES

- **Área de Jurisdicción:** área del aeropuerto que es monitoreada por cada CTA según su puesto de trabajo.
- **Uso Común:** instrumentos compartidos entre varias estaciones de trabajo.
- **Uso Local:** instrumentos usados en una consola.

ELEMENTOS A CALIFICAR DE LA TORRE DE CONTROL DEL TRÁFICO AÉREO

- **Cabina:** espacio de la Torre de Control del Tráfico Aéreo donde trabajan los CTA. Está equipada con todos los instrumentos de trabajo y consolas, y se encuentran delimitadas por muros con ventanas por donde los CTA pueden observar a sus áreas de jurisdicción.
- **Consola:** mueble y superficie de trabajo continuos donde los instrumentos de trabajo de uno o varios CTA se encuentran instalados.
- **Ventana:** elemento de la Torre de Control del Tráfico Aéreo por donde se observa el aeropuerto, los patrones de tráfico y meteorológicos. La forma un panel traslúcido, sus estructuras y los controles de iluminación natural.

ESTACIONES DE TRABAJO, USO Y FUNCIONAMIENTO

- **Estación de Trabajo:** área de trabajo del CTA en donde desarrolla las actividades que competen a sus responsabilidades laborales. Dependiendo de cada puesto de trabajo, las estación incluye la consola con sus instrumentos, los VDT instalados en cabina y las ventanas por donde observa sus áreas de jurisdicción.
- **Máxima Capacidad de Uso:** uso de todos los instrumentos en las estaciones de trabajo bajo condiciones de operación de alta demanda (descarte los instrumentos de respaldo).
- **Posición Neutral:** posición sedente del CTA en su estación de trabajo es decir, sentado en frente de la consola y viendo hacia adelante. Cuando se indique en las instrucciones, el evaluador tendrá que ocupar la posición neutral, observar y contestar.
- **Grupos Funcionales:** grupos de puestos de trabajo de control donde se efectúan operaciones que precisan disponibilidades operacionales próximas o directas y pueden así beneficiarse de las ventajas de la proximidad de otros puestos de trabajo (ISO 11064).

DIMENSIONES Y CAPACIDAD

- **Área Útil de Cabina:** área en cabina ocupada por todas las estaciones de trabajo.
- **Número Máximo de Estaciones de Trabajo:** número correspondiente a la cantidad máxima de CTA contemplada trabajando simultáneamente en la Torre.
- **Área Máxima de Estación de Trabajo:** área resultante de la división del área útil de cabina entre el número máximo de estaciones de trabajo.

PERCEPCIÓN

- **Contraste:** cambio de luz que afecta la vista.
- **Reverberación:** reforzamiento y persistencia de un sonido en un espacio más o menos cerrado.
- **Campo Visual:** espacio que abarca la vista.

DIAGNÓSTICO

- **Índice de Desempeño:** conjunto de porcentajes en cada sección del instrumento, clasificados por cada parte (Percepción de Cabina, Consolas, Ventanas e Iluminación), relacionados con niveles de acciones, representados por gráficas y asociados con acciones de investigación específicas. Su propósito es facilitar la comprensión de la efectividad y eficiencia espacial comunicativa de las estaciones de trabajo del CTA.

CRECIMIENTO

- **Plan de Crecimiento Tecnológico:** previsión sobre el aumento o actualización de instrumentos contemplada por autoridades competentes de la Torre de Control.
- **Plan de Crecimiento de Personal:** previsión sobre el aumento de personal contemplada por autoridades competentes de la Torre de Control.

DATOS GENERALES

Instrucciones: Llene los datos que se solicitan. Para obtener el *Área Máxima de Estación de Trabajo*, divida el *Área Útil de Cabina* entre el *Número Máximo de Estaciones de Trabajo*. Compare el resultado con la siguiente tabla para determinar si las dimensiones de las *estaciones* y *cabina* de la Torre de Control del Tráfico Aéreo quedan dentro de los rangos aceptables.

RANGOS ACEPTABLES DE CAPACIDAD DE LAS TORRES DE CONTROL SUGERIDOS POR LA ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (ANEXO 14)

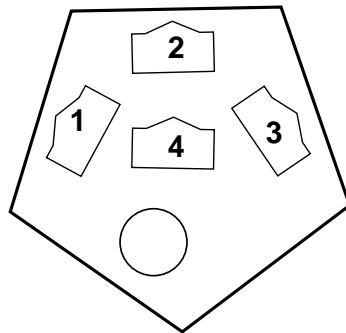
CANTIDAD DE CTA O DE ESTACIONES DE TRABAJO	0-6 CTA	6-12 CTA	+12 CTA
ÁREA ÚTIL DE CABINA	0-21 m ²	21-50 m ²	+50 m ²
ÁREA DE ESTACIÓN DE TRABAJO	0-3.5 m ²	3.5-4.16 m ²	+4.16 m ²

DIMENSIONES GENERALES DE CABINA	i. Área Útil de Cabina (m ²)	60.00
	ii. Número Máximo de Estaciones de Trabajo	12
	iii. Área Máxima de Estación de Trabajo (m ²)	5.00
	iv. ¿Cumplen las dimensiones con los rangos sugeridos por la OACI?	Sí (Aceptable) <input checked="" type="checkbox"/> No (Inaceptable) <input type="checkbox"/>

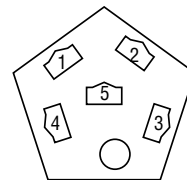
OBSERVACIONES: Aun así el área de cabina sigue percibiéndose reducida en área

CROQUIS DE DISTRIBUCIÓN

Instrucciones: Dibuje un croquis de la *cabina* mostrando las ubicaciones de todas las *consolas* existentes y enumérelas. Respete esta numeración para contestar la sección "Percepción de la Consola" según la cantidad de *consolas*.



EJEMPLO



SIMBOLOGÍA SUGERIDA

- Consola con orientación visual señalada
- Acceso a Cabina
- Forma de Cabina



PERCEPCIÓN DE LA CABINA								
Instrucciones: Basado en su observación desde la <i>posición neutral</i> en cada <i>estación de trabajo</i> , marque con una X las opciones que mejor describan su percepción de la <i>cabina</i> . En caso de que el reactivo no aplique, elija "N/A". Para contestar, tome en cuenta las tareas propias del CTA y la <i>máxima capacidad de uso</i> ; y descarte los <i>VDT de Uso Local</i> .								
NOTA: Deje los espacios de EVALUACIÓN en blanco hasta que haya terminado de contestar todo el instrumento.								
		N/A	Todas (100)	Muchas (75)	Algunas (50)	Pocas (25)	Ninguna (0)	EVALUACIÓN
LECTURA DE VDT DE USO COMÚN	1. ¿Desde cuántas <i>estaciones de trabajo</i> los <i>VDT</i> son observables?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	2. ¿Desde cuántas <i>estaciones de trabajo</i> los <i>VDT</i> se pueden leer sin esfuerzo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25
	OBSERVACIONES: _____							
	El PC Gate y Radar Doppler son muy pequeños.							
								=
								SUM: 125
								÷
								n: 2
								=
								#: 62.5
								=
								C: Naranja
DIMENSIONES	3. ¿Cuántas <i>estaciones de trabajo</i> proveen espacio para que alberguen todos sus componentes?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	4. ¿Cuántas <i>estaciones de trabajo</i> proveen espacio para que el <i>CTA</i> pueda operar con facilidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75
	OBSERVACIONES: _____							
	Torre cuenta con poco espacio.							
								=
								SUM: 175
								÷
								n: 2
								=
								#: 87.5
								=
								C: Amarillo
FORMA Y DISTRIBUCIÓN	5. ¿Cuántas <i>estaciones de trabajo</i> están ubicadas de acuerdo a su <i>grupo funcional</i> ?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	6. ¿Desde cuántas <i>estaciones de trabajo</i> se observa el <i>área de jurisdicción</i> sin que los <i>VDT</i> obstaculicen?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	7. ¿Desde cuántas <i>estaciones de trabajo</i> se observa el <i>área de jurisdicción</i> sin que las <i>columnas</i> obstaculicen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50
	8. ¿Desde cuántas <i>estaciones de trabajo</i> se observa el <i>área de jurisdicción</i> sin que las <i>consolas</i> obstaculicen?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
OBSERVACIONES: _____								
Las columnas estorban a Torre y Terrestre.								
								=
								SUM: 350
								÷
								n: 4
								=
								#: 87.5
								=
								C: Amarillo

	N/A	Sí (100)	No (0)	EVALUACIÓN			
ADAPTABILIDAD DE VDT DE USO COMÚN	9. Todos los VDT se pueden ajustar en su ubicación con facilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0		
	10. Todos los VDT se pueden inclinar con facilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0		
	11. A todos los VDT se les puede ajustar la nitidez de la información	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0		
	12. A Todos los VDT se les puede ajustar el brillo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100		
	OBSERVACIONES: _____ PC Gate y Radar Doppler no son adaptables.				SUM: 100		
				n: 4			
				=: 25			
				C: Rojo			
	N/A	Siempre (0)	Muchas veces (25)	Algunas veces (50)	Pocas veces (75)	Nunca (100)	EVALUACIÓN
ACÚSTICA	13. ¿Qué tan seguido existe reverberación en cabina?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	100
	14. ¿Qué tan seguido se escuchan ruidos procedentes del exterior de la cabina?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75
	15. ¿Qué tan seguido se requieren esfuerzos adicionales para hablar dentro de la cabina?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	100
	OBSERVACIONES: _____						SUM: 275
							n: 3
						=: 91.66	
						C: Verde	
CONTINUIDAD EN LA OPERACIÓN	16. ¿Qué tan seguido se interrumpen la atención del CTA a causa del intercambio de tiras de progreso de vuelo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25
	17. ¿Qué tan seguido los CTA de pie interrumpen la visual a sus colegas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	25
	OBSERVACIONES: _____ Los CTA en terrestre pasan las tiras a Torre y esto interrumpe su atención.						SUM: 50
							n: 2
							=: 25
						C: Rojo	

-FIN DE LA SECCIÓN 1-



2

PERCEPCIÓN DE LAS CONSOLAS (CONSOLA # 1)

Instrucciones: Basado en su observación desde la *posición neutral* en cada *consola*, marque con una **X** las opciones que mejor describan su percepción. En caso de que el reactivo no aplique, responda "N/A". Para contestar, tome en cuenta las tareas propias del CTA y la *máxima capacidad de uso*; y descarte los *instrumentos de uso común*.

NOTA: La sección 2 se repetirá de acuerdo al número de consolas existentes en *cabina*. Escriba en el título de esta sección el número de *consola* a calificar según el croquis dibujado en la sección 1. Deje los espacios de EVALUACIÓN en blanco hasta que haya terminado de contestar todo el instrumento.

	N/A	Sí (100)	No (0)	EVALUACIÓN			
DIMENSIONES Y DISTRIBUCIÓN	18. La <i>consola</i> provee espacio para albergar sus componentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0		
	19. El espacio de la <i>consola</i> permite una operación cómoda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0		
	20. La distribución de los componentes de la <i>consola</i> facilita el trabajo en equipo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0		
	21. Existe espacio para instrumentos adicionales, de acuerdo al <i>plan de crecimiento tecnológico</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A		
	22. Existe espacio para VDT adicionales, de acuerdo al <i>plan de crecimiento tecnológico</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A		
	23. Existe espacio para CTA adicionales, de acuerdo al <i>plan de crecimiento de personal</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A		
	OBSERVACIONES: _____ La consola no estuvo pensada para la posición Disaster Recovery System. Autorizaciones no cuenta con planes de crecimiento.				0		
INTENSIDAD DE SONIDO	24. El volumen de las bocinas se puede ajustar a una intensidad de sonido cómoda	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100		
	25. Las bocinas proporcionan una buena calidad de sonido de tal forma que el mensaje sea claro y fuerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0		
OBSERVACIONES: _____				100			
				2			
				50			
				Naranja			
	N/A	Todos (0)	Muchos (25)	Algunos (50)	Pocos (75)	Ninguno (100)	EVALUACIÓN
VISUALES SIMULTÁNEAS	26. ¿Cuántos <i>instrumentos</i> dificultan la observación del <i>área de jurisdicción</i> ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A
	27. ¿Cuántos <i>VDT</i> dificultan la observación del <i>área de jurisdicción</i> ?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A
	OBSERVACIONES: _____ Las posiciones en esta consola no tienen asignada la observación de un área de jurisdicción específica.						
							-
							-
							-
							-



	N/A	Todos (100)	Muchos (75)	Algunos (50)	Pocos (25)	Ninguno (0)	EVALUACIÓN	
ADAPTABILIDAD DE INSTRUMENTOS	28. ¿A cuántos <i>instrumentos</i> se les puede ajustar su ubicación fácilmente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	
	OBSERVACIONES: _____							SUM: 50
	Algunos instrumentos no tienen un lugar específico destinado.							50
	_____							C: Naranja
USO DE INSTRUMENTOS	29. ¿Cuántos <i>instrumentos</i> se usan libres de obstáculos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75	
	30. ¿Cuántos CTA tienen acceso a los <i>instrumentos de uso local</i> necesarios para desarrollar sus tareas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100	
	OBSERVACIONES: _____							SUM: 175
	_____							n: 2
								87.5
							C: Amarillo	
ADAPTABILIDAD DE VDT DE USO LOCAL	31. ¿A cuántos <i>VDT</i> se les puede ajustar su ubicación fácilmente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	
	32. ¿Cuántos <i>VDT</i> se inclinan fácilmente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75	
	33. ¿Cuántos <i>VDT</i> se les puede ajustar la nitidez de la información?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100	
	34. ¿Cuántos <i>VDT</i> se les puede ajustar el brillo?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100	
OBSERVACIONES: _____							SUM: 325	
Algunos VDT no están montados en brazos.							n: 4	
Los Frequentis son muy pesados para mantenerse en una inclinación adecuada.							81.25	
							C: Amarillo	
FUNCIONALIDAD DE VDT DE USO LOCAL	35. ¿Cuántos <i>VDT</i> se usan libres de obstáculos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75	
	36. ¿Cuántos <i>VDT</i> se leen libres de obstáculos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75	
	37. ¿Cuántos CTA tienen acceso a los <i>VDT de uso local</i> necesarios para desarrollar sus tareas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100	
	OBSERVACIONES: _____							SUM: 250
Algunos VDT no tienen un lugar específico destinado.							n: 3	
							83.33	
							C: Amarillo	

-FIN DE LA SECCIÓN 2-



2

PERCEPCIÓN DE LAS CONSOLAS (CONSOLA # 2)

Instrucciones: Basado en su observación desde la *posición neutral* en cada *consola*, marque con una **X** las opciones que mejor describan su percepción. En caso de que el reactivo no aplique, responda "N/A". Para contestar, tome en cuenta las tareas propias del CTA y la *máxima capacidad de uso*; y descarte los *instrumentos de uso común*.

NOTA: La sección 2 se repetirá de acuerdo al número de consolas existentes en *cabina*. Escriba en el título de esta sección el número de *consola* a calificar según el croquis dibujado en la sección 1. Deje los espacios de EVALUACIÓN en blanco hasta que haya terminado de contestar todo el instrumento.

	N/A	Sí (100)	No (0)	EVALUACIÓN				
DIMENSIONES Y DISTRIBUCIÓN	18. La <i>consola</i> provee espacio para albergar sus componentes	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100			
	19. El espacio de la <i>consola</i> permite una operación cómoda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0			
	20. La distribución de los componentes de la <i>consola</i> facilita el trabajo en equipo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0			
	21. Existe espacio para instrumentos adicionales, de acuerdo al <i>plan de crecimiento tecnológico</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100			
	22. Existe espacio para <i>VDT</i> adicionales, de acuerdo al <i>plan de crecimiento tecnológico</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100			
	23. Existe espacio para <i>CTA</i> adicionales, de acuerdo al <i>plan de crecimiento de personal</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100			
	OBSERVACIONES: _____ La consola es muy grande pero si distribución es mala. _____ Los relojes fijos impiden un buen acomodo. _____				SUM: 400 ÷ n: 6 = %: 66.66 = C: Naranja			
INTENSIDAD DE SONIDO	24. El volumen de las bocinas se puede ajustar a una intensidad de sonido cómoda	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100			
	25. Las bocinas proporcionan una buena calidad de sonido de tal forma que el mensaje sea claro y fuerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0			
OBSERVACIONES: _____ _____ _____ _____				SUM: 100 ÷ n: 2 = %: 50 = C: Naranja				
	N/A	Todos (0)	Muchos (25)	Algunos (50)	Pocos (75)	Ninguno (100)	EVALUACIÓN	
VISUALES SIMULTÁNEAS	26. ¿Cuántos <i>instrumentos</i> dificultan la observación del <i>área de jurisdicción</i> ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75
	27. ¿Cuántos <i>VDT</i> dificultan la observación del <i>área de jurisdicción</i> ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75
OBSERVACIONES: _____ El rack de tiras es bromoso. _____ _____ _____							SUM: 150 ÷ n: 2 = %: 75 = C: Amarillo	



	N/A	Todos (100)	Muchos (75)	Algunos (50)	Pocos (25)	Ninguno (0)	EVALUACIÓN	
ADAPTABILIDAD DE INSTRUMENTOS	28. ¿A cuántos <i>instrumentos</i> se les puede ajustar su ubicación fácilmente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	
	OBSERVACIONES: _____						=	SUM: 50
	El rack de tiras y reloj resta espacio para reubicar algunos instrumentos.						=	%. 50
	_____						=	C: Naranja
USO DE INSTRUMENTOS	29. ¿Cuántos <i>instrumentos</i> se usan libres de obstáculos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75	
	30. ¿Cuántos CTA tienen acceso a los <i>instrumentos de uso local</i> necesarios para desarrollar sus tareas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	
	OBSERVACIONES: _____						=	SUM: 125
	Terrestre Norte y Terrestre Sur comparten instrumentos.						=	n: 2
							=	%. 62.5
						=	C: Naranja	
ADAPTABILIDAD DE VDT DE USO LOCAL	31. ¿A cuántos <i>VDT</i> se les puede ajustar su ubicación fácilmente?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100	
	32. ¿Cuántos <i>VDT</i> se inclinan fácilmente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75	
	33. ¿Cuántos <i>VDT</i> se les puede ajustar la nitidez de la información?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100	
	34. ¿Cuántos <i>VDT</i> se les puede ajustar el brillo?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100	
OBSERVACIONES: _____						=	SUM: 375	
Los Frequentis son muy pesados para mantenerse en una inclinación adecuada.						=	n: 4	
						=	%. 93.75	
						=	C: Verde	
FUNCIONALIDAD DE VDT DE USO LOCAL	35. ¿Cuántos <i>VDT</i> se usan libres de obstáculos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75	
	36. ¿Cuántos <i>VDT</i> se leen libres de obstáculos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75	
	37. ¿Cuántos CTA tienen acceso a los <i>VDT de uso local</i> necesarios para desarrollar sus tareas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	
	OBSERVACIONES: _____						=	SUM: 200
Terrestre Norte y Terrestre Sur comparten VDT.						=	n: 3	
						=	%. 66.66	
						=	C: Naranja	

-FIN DE LA SECCIÓN 2-



2

PERCEPCIÓN DE LAS CONSOLAS (CONSOLA # 3)

Instrucciones: Basado en su observación desde la *posición neutral* en cada *consola*, marque con una **X** las opciones que mejor describan su percepción. En caso de que el reactivo no aplique, responda "N/A". Para contestar, tome en cuenta las tareas propias del CTA y la *máxima capacidad de uso*; y descarte los *instrumentos de uso común*.

NOTA: La sección 2 se repetirá de acuerdo al número de consolas existentes en *cabina*. Escriba en el título de esta sección el número de *consola* a calificar según el croquis dibujado en la sección 1. Deje los espacios de EVALUACIÓN en blanco hasta que haya terminado de contestar todo el instrumento.

	N/A	Sí (100)	No (0)	EVALUACIÓN				
DIMENSIONES Y DISTRIBUCIÓN	18. La <i>consola</i> provee espacio para albergar sus componentes	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100			
	19. El espacio de la <i>consola</i> permite una operación cómoda	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0			
	20. La distribución de los componentes de la <i>consola</i> facilita el trabajo en equipo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0			
	21. Existe espacio para instrumentos adicionales, de acuerdo al <i>plan de crecimiento tecnológico</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100			
	22. Existe espacio para <i>VDT</i> adicionales, de acuerdo al <i>plan de crecimiento tecnológico</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100			
	23. Existe espacio para <i>CTA</i> adicionales, de acuerdo al <i>plan de crecimiento de personal</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100			
	OBSERVACIONES: _____ Helicópteros no tiene planes de crecimiento. _____ _____				SUM: 400 ÷ n: 6 = %: 66.66 = C: Naranja			
INTENSIDAD DE SONIDO	24. El volumen de las bocinas se puede ajustar a una intensidad de sonido cómoda	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100			
	25. Las bocinas proporcionan una buena calidad de sonido de tal forma que el mensaje sea claro y fuerte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0			
OBSERVACIONES: _____ _____ _____				SUM: 100 ÷ n: 2 = %: 50 = C: Naranja				
	N/A	Todos (0)	Muchos (25)	Algunos (50)	Pocos (75)	Ninguno (100)	EVALUACIÓN	
VISUALES SIMULTÁNEAS	26. ¿Cuántos <i>instrumentos</i> dificultan la observación del <i>área de jurisdicción</i> ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75
	27. ¿Cuántos <i>VDT</i> dificultan la observación del <i>área de jurisdicción</i> ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75
OBSERVACIONES: _____ El rack de tiras es bromoso. _____ _____							SUM: 150 ÷ n: 2 = %: 75 = C: Amarillo	



	N/A	Todos (100)	Muchos (75)	Algunos (50)	Pocos (25)	Ninguno (0)	EVALUACIÓN
ADAPTABILIDAD DE INSTRUMENTOS	28. ¿A cuántos <i>instrumentos</i> se les puede ajustar su ubicación fácilmente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50
	OBSERVACIONES: _____						SUM: 50
	El rack de tiras y reloj resta espacio para reubicar algunos instrumentos.						%. 50
	_____						C: Naranja
USO DE INSTRUMENTOS	29. ¿Cuántos <i>instrumentos</i> se usan libres de obstáculos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75
	30. ¿Cuántos CTA tienen acceso a los <i>instrumentos de uso local</i> necesarios para desarrollar sus tareas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	OBSERVACIONES: _____						SUM: 175
	_____						n: 2
							%. 87.5
						C: Amarillo	
ADAPTABILIDAD DE VDT DE USO LOCAL	31. ¿A cuántos <i>VDT</i> se les puede ajustar su ubicación fácilmente?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	32. ¿Cuántos <i>VDT</i> se inclinan fácilmente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75
	33. ¿Cuántos <i>VDT</i> se les puede ajustar la nitidez de la información?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	34. ¿Cuántos <i>VDT</i> se les puede ajustar el brillo?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
OBSERVACIONES: _____						SUM: 375	
Los Frequentis son muy pesados para mantenerse en una inclinación adecuada.						n: 4	
						%. 93.75	
						C: Verde	
FUNCIONALIDAD DE VDT DE USO LOCAL	35. ¿Cuántos <i>VDT</i> se usan libres de obstáculos?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	36. ¿Cuántos <i>VDT</i> se leen libres de obstáculos?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	37. ¿Cuántos CTA tienen acceso a los <i>VDT de uso local</i> necesarios para desarrollar sus tareas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	OBSERVACIONES: _____						SUM: 300
_____						n: 3	
						%. 100	
						C: Verde	

-FIN DE LA SECCIÓN 2-

3

PERCEPCIÓN DE LAS VENTANAS

Instrucciones: Basado en su observación general, marque con una **X** las opciones que mejor describan su percepción. En caso de que el reactivo no aplique, responda "N/A". Para contestar, tome en cuenta las tareas propias del CTA y la *máxima capacidad de uso*.

NOTA: Deje los espacios de EVALUACIÓN en blanco hasta que haya terminado de contestar todo el instrumento.

	N/A	Todas (100)	Muchas (75)	Algunas (50)	Pocas (25)	Ninguna (0)	EVALUACIÓN	
MECANISMOS	40. ¿En cuántas <i>ventanas</i> existen sistemas para regular la iluminación natural?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100	
	41. ¿En cuántas <i>ventanas</i> los sistemas para regular la iluminación natural son fáciles de usar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50	
	OBSERVACIONES: _____ Las cortinas son inalcanzables.							SUM: 150
							n: 2	
							%: 75	
							C: Amarillo	
	N/A	Sí (100)	No (0)				EVALUACIÓN	
CLARIDAD VISUAL	42. Existen sistemas para eliminar hielo o condensación	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				SUM: N/A
	OBSERVACIONES: _____							%: N/A
	_____							C: -
	N/A	Todas (0)	Muchas (25)	Algunas (50)	Pocas (75)	Ninguna (100)	EVALUACIÓN	
OBSTÁCULOS VISUALES	43. ¿Cuántas <i>ventanas</i> , por sus componentes, dificultan la observación del <i>área de jurisdicción</i> ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SUM:	
	OBSERVACIONES: _____ Los perfiles de las ventanas se vuelven un obstáculo cuando							%: 75
	la posición neutral del CTA está alineada (caso de Terrestre).							C: Amarillo

4 PERCEPCIÓN DE LA ILUMINACIÓN							
Instrucciones: Basado en su observación general, marque con una X las opciones que mejor describan su percepción. En caso de que el reactivo no aplique, responda "N/A". Para contestar, tome en cuenta las tareas propias del CTA y la máxima capacidad de uso. Considere las condiciones de día y de noche.							
NOTA: Deje los espacios de EVALUACIÓN en blanco hasta que haya terminado de contestar todo el instrumento.							
	N/A	Todos (100)	Muchos (75)	Algunos (50)	Pocos (25)	Ninguno (0)	EVALUACIÓN
SUPERFICIES DE TRABAJO	44. ¿Cuántas superficies de trabajo están libres de reflejos?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	45. ¿Cuántas superficies de trabajo están libres de sombras?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50
	46. ¿Cuántas superficies de trabajo poseen iluminación artificial suficiente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
	47. ¿Cuántas luminarias son ajustables en intensidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
	48. ¿Cuántas luminarias son ajustables en dirección?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100
	49. ¿Cuántas luminarias son ajustables en posición?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
OBSERVACIONES: _____							SUM: 250
La iluminación artificial es muy deficiente. Las lámparas son molestas, difíciles de ajustar, no cuentan con dimmer ni pantallas adecuadas. Crean sombras en los racks de tiras.							n: 6
							=: 41.66
							c: Rojo
	N/A	Todos (0)	Muchos (25)	Algunos (50)	Pocos (75)	Ninguno (100)	EVALUACIÓN
VDT EN GENERAL	50. ¿Cuántos VDT deslumbran?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	100
	51. ¿Cuántos VDT reflejan la luz?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50
OBSERVACIONES: _____							SUM: 150
El ASDE refleja la luz durante el día.							n: 2
							=: 75
							c: Amarillo
VENTANAS	52. ¿En cuántas estaciones la luz natural deslumbra?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	50
	53. ¿Cuántas ventanas generan reflejos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	75
OBSERVACIONES: _____							SUM: 125
Autorizaciones y Terrestre tienen incidencia solar directa durante las tardes .							n: 2
							=: 62.5
							c: Naranja

-FIN DE LA SECCIÓN 4-



GUÍA DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE DESEMPEÑO

Para calcular el Índice de Desempeño de las Consolas, Ventanas y Cabina, es necesario que para cada sección:

1. Sume los valores indicados por las escalas de cada reactivo. Escriba la sumatoria en el espacio "SUM".
2. Divida la sumatoria entre el número de reactivos contestados "n" sin tomar en cuenta los reactivos N/A. Escriba el resultado en forma de porcentaje en el espacio "%".
3. Compare el porcentaje con el Semáforo de Acciones y escriba el código de color correspondiente en el espacio "C".
4. Ubique el porcentaje en la gráfica pertinente, según la parte y sección correspondientes. Apóyese en el Ejemplo de Llenado de Gráfica.
5. Consulte la Lista de Acciones Recomendadas para mitigar los posibles problemas de diseño encontrados.

SEMÁFORO DE ACCIONES

VERDE:
Aceptable
(90-100%)

AMARILLO:
Cuando sea posible
(75-89.9%)

NARANJA:
A mediano plazo
(50-74.9%)

ROJO:
A corto plazo
(25-49.9%)

MORADO:
Inmediatamente
(0-24.9%)

Investigar más y cambiar:

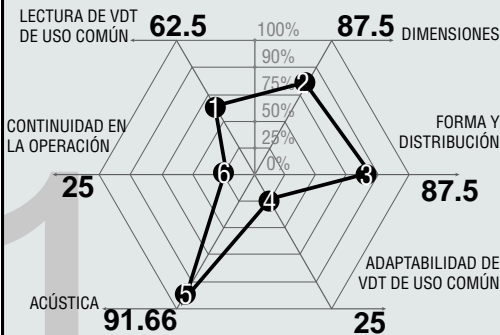
EJEMPLO DE LLENADO DE GRÁFICA

A continuación se muestran gráficas para cada parte del instrumento (1-Cabina, 2-Consolas, 3-Ventanas, 4-Iluminación). Para llenar cada gráfica es necesario ubicar los porcentajes obtenidos en los espacios indicados y señalar con puntos sus respectivos ejes. Una los puntos con líneas.

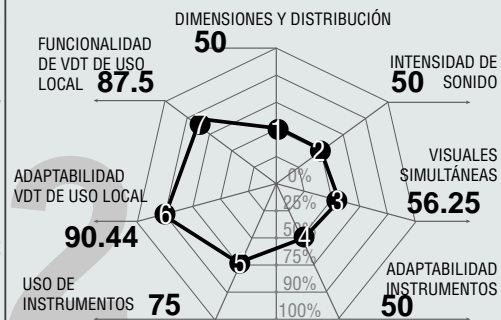
NOTA: En la gráfica de la consola, promedie los porcentajes de todas las consolas.



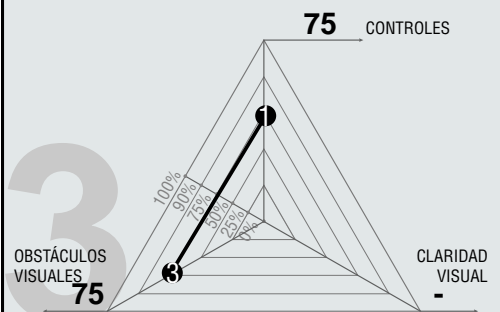
PERCEPCIÓN DE LA CABINA



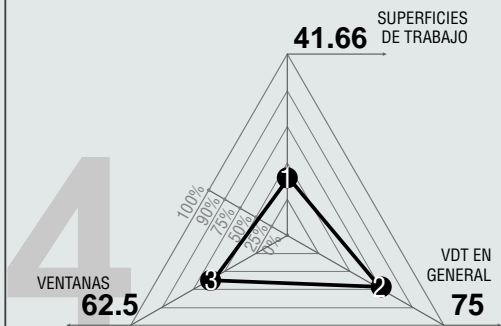
PERCEPCIÓN DE LAS CONSOLAS (CONSIDERE EL PROMEDIO DE TODAS)



PERCEPCIÓN DE LAS VENTANAS



PERCEPCIÓN DE LA ILUMINACIÓN



LISTA DE ACCIONES RECOMENDADAS: CABINA

A continuación se enlistan las posibles problemáticas encontradas por cada sección en la parte Percepción de la Cabina; así como los aspectos recomendados a investigar.

LECTURA DE VDT DE USO COMÚN	<p>Los VDT no son observables. La información de los VDT no es legible.</p> <p>Investigar: ubicación, tamaño, distribución, obstáculos, campo visual en torno a los VDT.</p>
DIMENSIONES	<p>Las estaciones de trabajo no son suficientemente grandes No se puede operar cómodamente.</p> <p>Investigar: tamaño, distribución, obstáculos en torno a las estaciones de trabajo.</p>
FORMA Y DISTRIBUCIÓN	<p>Las estaciones de trabajo no están pertinentemente ubicadas. Existen obstáculos visuales como VDT, columnas o consolas que dificultan observar el área de jurisdicción.</p> <p>Investigar: tamaño, distribución, campo visual en torno a las estaciones de trabajo.</p>
ADAPTABILIDAD DE VDT DE USO COMÚN	<p>No se pueden ajustar los VDT en cuanto posición, inclinación o nitidez. Los ajustes no son cómodos o alcanzables. Se necesitan más VDT para que sean consultados por todos los CTA.</p> <p>Investigar: ubicación, modelo, dimensión, incidencia solar, campo visual en torno a los VDT.</p>
ACÚSTICA	<p>Existe reverberación en cabina. Existen ruidos procedentes del exterior de cabina. Los CTA se esfuerzan para hablar.</p> <p>Investigar: aislamiento acústico en cabina.</p>
CONTINUIDAD EN LA OPERACIÓN	<p>El intercambio de tiras de progreso de vuelo suspende las tareas del CTA o interrumpe su atención. Los CTA de pie interrumpen la visual de sus colegas.</p> <p>Investigar: distribución, dimensiones, campo visual en las estaciones de trabajo.</p>



LISTA DE ACCIONES RECOMENDADAS: CONSOLAS

A continuación se enlistan las posibles problemáticas encontradas por cada sección en la parte Percepción de las Consolas; así como los aspectos recomendados a investigar.

DIMENSIONES Y DISTRIBUCIÓN	<p>No caben los instrumentos en consola. El espacio en consola no permite una operación cómoda. La distribución en consola no facilita el trabajo en equipo. No existe espacio para el crecimiento tecnológico en la consola. No existe espacio para el crecimiento de personal en la consola.</p> <p>Investigar: distribución, dimensiones, campo visual, plan de crecimiento tecnológico y de personal.</p>
INTENSIDAD DE SONIDO	<p>El volumen de las bocinas no es ajustable. El sonido no es de calidad; el mensaje no es claro o fuerte.</p> <p>Investigar: modelo de bocinas.</p>
VISUALES SIMULTÁNEAS	<p>Las visuales simultáneas a instrumentos, VDT y áreas de jurisdicción no son posibles. Los instrumentos o VDT dificultan la visual al área de jurisdicción</p> <p>Investigar: ubicación, dimensiones, modelo, y campo visual en torno a instrumentos y VDT.</p>
ADAPTABILIDAD DE INSTRUMENTOS	<p>Los instrumentos no se pueden ajustar en inclinación, ubicación. Los instrumentos no se pueden ajustar con facilidad</p> <p>Investigar: modelo, distribución, dimensiones, campo visual en torno a los instrumentos.</p>
USO DE INSTRUMENTOS	<p>La operación de instrumentos es obstaculizada. Son necesarios instrumentos redundantes.</p> <p>Investigar: distribución, campo visual en torno a los instrumentos.</p>
ADAPTABILIDAD DE VDT DE USO LOCAL	<p>Los VDT no se pueden ajustar en inclinación, ubicación, brillo y nitidez. Los VDT no se pueden ajustar con facilidad.</p> <p>Investigar: modelo, distribución, dimensiones, campo visual en torno a los VDT.</p>
FUNCIONALIDAD DE VDT DE USO LOCAL	<p>La operación de VDT es obstaculizada. La lectura de VDT es obstaculizada. Se necesitan más VDT para que sean consultados por todos los CTA.</p> <p>Investigar: distribución, dimensiones, campo visual en torno a los VDT.</p>

LISTA DE ACCIONES RECOMENDADAS: VENTANAS

A continuación se enlistan las posibles problemáticas encontradas por cada sección en la parte Percepción de las Ventanas; así como los aspectos recomendados a investigar.

CONTROLES	<p>La iluminación natural no se puede ajustar o los sistemas de ajuste no son fáciles de usar.</p> <p>Investigar: modelo, distribución, dimensiones, orientación solar en torno a los sistemas de regulación de iluminación natural.</p>
CLARIDAD VISUAL	<p>Existe condensación o hielo en las ventanas que impide una visual clara a las áreas de jurisdicción.</p> <p>Investigar: estructura, campo visual en torno a las ventanas.</p>
OBSTÁCULOS VISUALES	<p>Los componentes de las ventanas obstaculizan la visual al área de jurisdicción.</p> <p>Investigar: estructura, campo visual en torno a las ventanas.</p>

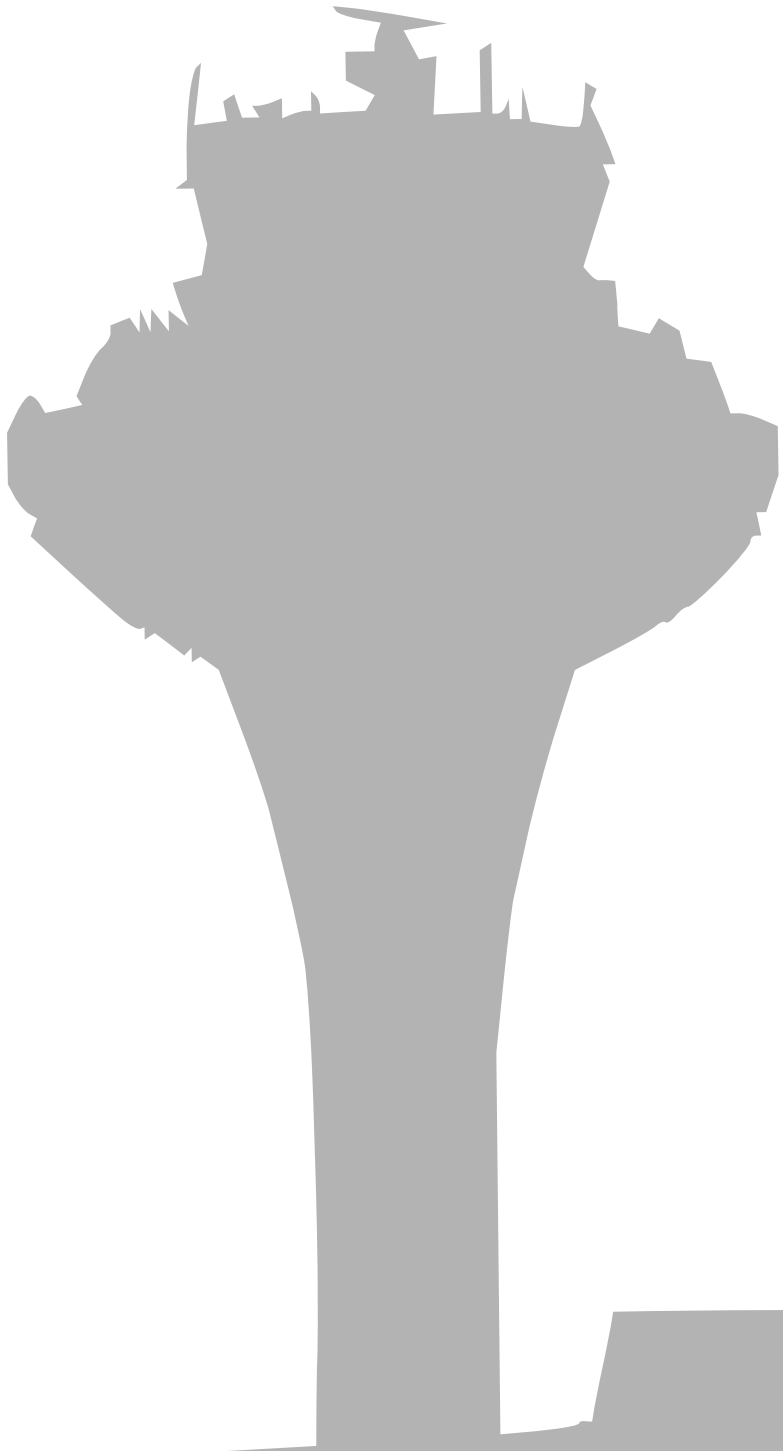


LISTA DE ACCIONES RECOMENDADAS: ILUMINACIÓN

A continuación se enlistan las posibles problemáticas encontradas por cada sección en la parte Percepción de la Iluminación; así como los aspectos recomendados a investigar.

SUPERFICIES DE TRABAJO	Existen sombras o reflejos. No existen luminarias. Las luminarias no pueden ajustarse en brillo, ubicación o dirección. Investigar: modelo, cantidad.
VDT EN GENERAL	Los VDT deslumbran o reflejan Investigar: modelo, distribución, orientación solar.
VENTANAS	La luz natural deslumbra en las estaciones de trabajo. Las ventanas generan reflejos. Investigar: diseño, orientación solar, mecanismos de regulación.

¡Gracias!





creación de la *comisión internacional de la navegación aérea*, posteriormente



creación del *aeródromo nacional de balbuena*

inauguración del *pue*



se establece la *oficina de la aviación civil*, posteriormente DGAC

la oficina de aviación civil pasa a ser *depar*

ley sobre v



primer vuelo transatlántico de ch

explota el avión de diseño mexicano, *quezt*

le corbusier contempla en su diseño, *ville contempora*

1915 | 1919 | 1920 | 1922 | 1923 | 1927 | 1930 | 1931 | 19

de OACI

conferencia de chicago, donde se hace el convenio de aviación civil internacional

se crea la OACI

se crea radio aeronáutica

puerto aéreo central

nuevo edificio terminal con mural de juan o' gorman

construcción de la torre de control

reglamento de aviación

reglamento interior para puertos aéreos

DGAC cam

vías generales de comunicación y medios de transporte: normas para puertos aéreos

primera generación de ingeniería aeronáutica

reglamento de aeródromos y aeropuertos

creación de la carrera ingeniería aeronáutica

charles lindbergh

calcoatl; se desprestigia la fabricación mexicana

linea aeropuerto al centro encima de la azotea una central de transportes

1937 | 1939 | 1940 | 1942 | 1944 | 1945 | 1947 | 1951 | 1952 | **1958** | 1

Internacional; se plantea la OACI

secretaría de comunicaciones y obras públicas (SCOP) considera nuevo aeropuerto en la ciudad de México
plan nacional de aeropuertos, creación de la dirección general de aeropuertos

Compañía Mexicana de Aviación (RAMSA), posteriormente SENEAM

RAMSA se vuelve SENEAM

se crea ASA como organismo para el impulso aeroportuario

ASA desahoga

administración de combustibles en el ahora AICM

construcción de la nueva y actual torre del AICM, inaugurada

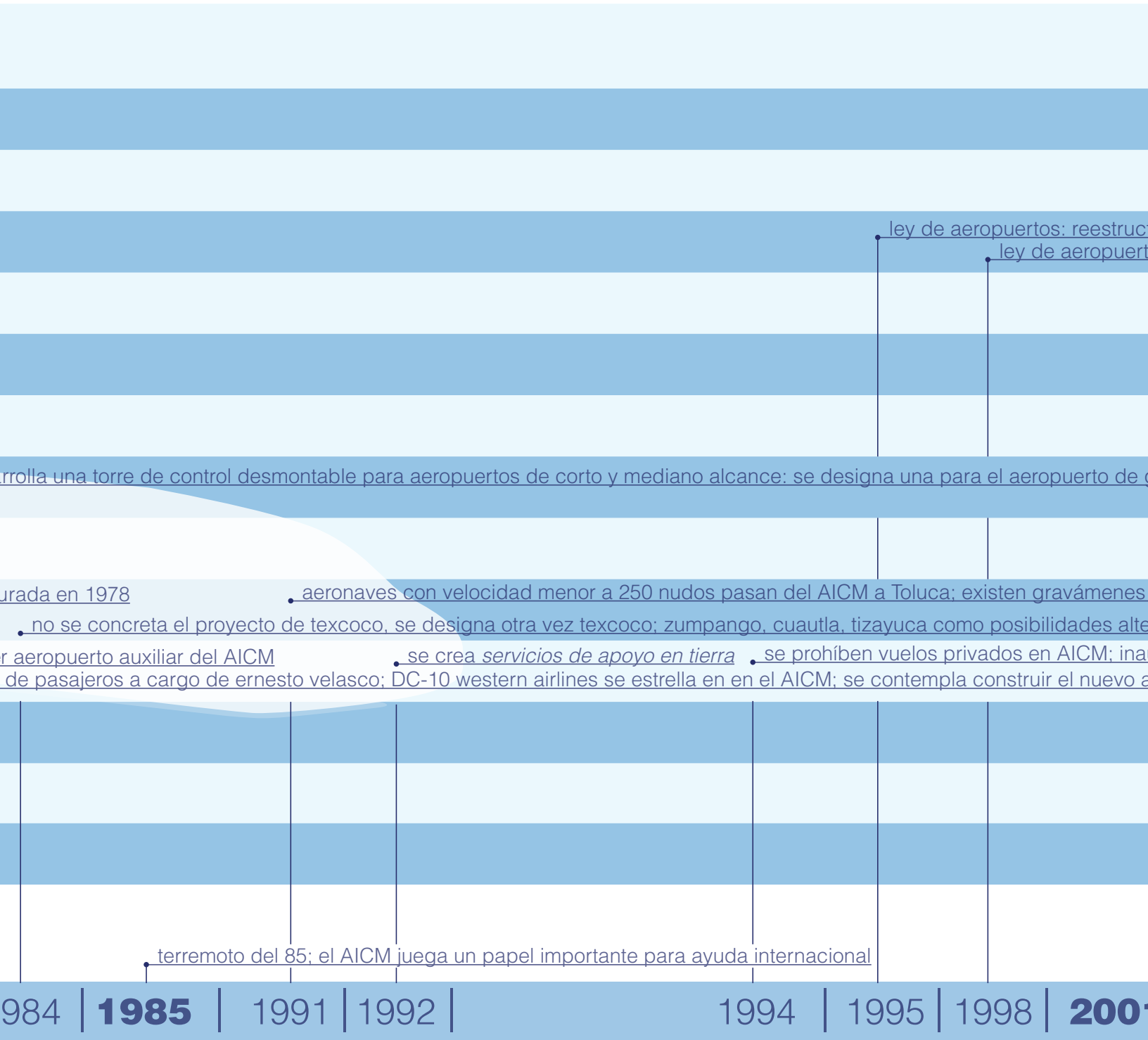
creación del estacionamiento vertical del AICM y sus salas móviles

base aérea militar santa lucía pasa a ser civil
remodelación del edificio

cambio de denominación de departamento a dirección

aeropuertos civiles; se crea el departamento de aeródromos y aeropuertos civiles

1962 | 1963 | 1964 | **1965** | 1975 | **1976** | **1978** | **1979** | **1982** | 1983



• inauguración del sistema aeroportuario mexicano; se establece programa de desarrollo
aerportuario; privatización aeroportuaria y apertura de la inversión

• plan nacional de desarrollo: programa sectorial de la SCT; programa institucional de ASA

• guaymas

• 2006: inauguración de la T2 del AICM

• apertura a aeronaves privadas • inauguración del radar meteorológico doppler y modernización de la torre de control

• terminales; se construye sala sur del AICM • desocupación del AICM puesta en operación del NAICM

• inauguración del nuevo edificio de la terminal internacional; implementación de sistema radar en el cerro de *el peñón*

• aeropuerto en el lago de texcoco, iniciaría en 1981

1-2006 | **2015** | 2020



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Master's Degree in Industrial Design
Ergonomics**

DIAGNOSTIC OF COMMUNICATIVE DESIGN IN WORKSTATIONS Use Case: Air Traffic Control Tower in Mexico City International Airport

**Thesis to qualify for the title of:
Master in Industrial Design**

Presented by:

ALEJANDRO DANIEL MURGA GONZÁLEZ

TUTOR:

ÁNGEL MAURICIO GROSSO SANDOVAL, M.S.

SCHOOL OF ARCHITECTURE, UNAM

TUTOR COMITEE:

GLORIA ADRIANA MENDOZA FRANCO, M.S.

SCHOOL OF ARCHITECTURE, UNAM

JULIÁN COVARRUBIAS VALDIVIA, B.Eng.

SCHOOL OF ARCHITECTURE, UNAM

ERIKA MARLENE CORTÉS LÓPEZ, M.S.

SCHOOL OF ARCHITECTURE, UNAM

HUGO IVÁN ESCALANTE ALMAZÁN, B.Eng.

SCHOOL OF ARCHITECTURE, UNAM

Mexico City, June 2016





Dedication & Acknowledgements

This work is dedicated to my parents, who have always supported me in my academic and personal development, to my partner, and all my close friends.

Acknowledgements

Thanks to the **National Council for Science & Technology** (CONACYT) to sponsor my studies through the International Competition Program, which is part of the National Program for Quality Postgraduates (PNPC).

Thanks to the **National Autonomous University of Mexico** (UNAM) for giving me the opportunity to carry out this research; to the tutor committee, Ángel Groso, Gloria Mendoza, Julián Covarrubias, Érika Cortes, and to Hugo Escalante, for supporting me and providing me with tool to grow as a researcher; to all my other professors and colleagues, from whom I have learned a lot.

Thanks to **Purdue University**, to the School of Aeronautics and Astronautics, and in particular Dr. Daniel Delaurentis, for allowing me to be a visiting scholar and delve into Systems Analysis.

Thanks to **Navigation Services in Mexican Airspace** (SENEAM), and in particular, Roberto Kobeh González, for opening the doors to the Air Traffic Control Tower in Mexico City International Airport, which made the successful conclusion of this study possible; to all the Air Traffic Controllers in the tower, who, in spite of the complexity of their work, allowed me to work close to them.



A note for the reader

This work is intended to benefit **Air Traffic Controllers**, by providing a diagnostic instrument in the consoles, windows, cabin and lighting in the Air Traffic Control Towers (ATCT), through the visualization of interactive spaces like Special Communications Interfaces, which I believe will be both useful and interesting for ATC, aeronautical engineers, architects, designers and any professional involved in ATCT design.

Contents

I. ABBREVIATIONS	119
I. ABSTRACT	120
II. INTRODUCTION	121
1 PROBLEM STATEMENT	123
1.1 Research Questions	121
1.2 Hypothesis	124
1.3 General Objective	124
1.4 Specific Objectives	124
1.5 Rationale	124
1.6 Precedents and State of the Art.....	125
2 OVERVIEW OF CIVIL AVIATION IN MEXICO	129
2.1 Mexican Civil Aviation Organization and History	129
2.2 Air Traffic Control System.....	130
2.3 Airport System	131
2.4 Air Traffic Control Tower System.....	132
2.5 History of Mexico City International Airport	133
2.6 Mexico City International Airport Vulnerabilities.....	136
2.7 Summary: Complex relation of systems around ATCTs	136
3 SPATIAL COMMUNICATIVE INTERFACES AS A PROPOSED ANALYSIS FOR ATCT	139
3.1 Systems Theory	140
3.2 Cybernetics and Communication Theory.....	140
3.3 User Centered Design	141
3.4 Ergonomics.....	142
3.5 Cognitive Ergonomics.....	142
3.6 Usability	144
3.7 Summary: Spatial Communication Interfaces as a Proposal for Analysis.....	145
4 CASE STUDY: THE ATCT-SCI IN MCIA	147
4.1 Airport conditions which impact the operation of the ATCT-SCI.....	148
4.2 Controller's work Instrumentation.....	150



4.3 Problems Related to ATCT-SCI: Research Tools applied in the Field.....	153
4.4 Categorizing Component of ATCT-SCI.....	157
4.5 Cabin	158
4.6 Windows	160
4.7 Console	162
4.8 Lighting Mechanisms.....	163
5 DIAGNOSTIC TOOL PROPOSAL.....	167
5.1 Systematizing Usability variables in sections of the Instrument	168
5.2 Diagnostic Instrument Content.....	169
5.3 General Data	171
5.4 Cabin Perception	172
5.5 Console Perception.....	173
5.6 Window and Lighting Perception	173
5.7 Guide to the Calculation of the Performance Index	173
6 INDEX OF PERFORMANCE OF THE ATCT IN MACIA.....	177
6.1 General Data	178
6.2 Cabin	179
6.3 Consoles.....	180
6.4 Windows.....	181
6.5 Lighting.....	182
6.6 Discusión de Beneficios del Instrumento.....	183
7 CONCLUSIONS	185
8 GLOSSARY	188
9 REFERENCES.....	191

Figures

Figure 1: Organizational structure of Aviation in Mexico.....	130
Figure 2: Air Traffic Control System.....	131
Figure 3: Overview of an Airport System.....	132
Figure 4: Air Traffic Control Tower System.....	133
Figure 5: Flight Service Information.....	133
Figure 6: MCIA Capacity and History.....	134
Figure 7: Relationship between systems in Civil Aviation.....	137
Figure 8: Theoretical Framework used in this Research.....	139
Figure 9: Communicative System in an ATCT.....	140
Figure 10: Possibilities of analysis within Cybernetic and Socio-technical systems.....	141
Figura 11: Ergonomics and its Scope.....	142
Figure 12: Several metrics based on communicative tasks for TCTA-SCI.....	144
Figure 13: Apron Visibility in MCIA.....	148
Figure 14: Relationship between the ATCT's cabin and the rest of MCIA.....	149
Figure 15: Anual Solar Radiation in MCIA's made with Revit Architecture 2014.....	150
Figure 16: Distribution of instrumentation in the ATCT in MCIA.....	152
Figure 17: Reflections on the ASDE screen.....	152
Figure 18: Modeling of the previous workstations in the ATCT in MCIA, using CATIA software.....	153
Figure 19: Field of view area with and without obstacles from a neutral position.....	154
Figura 20: Columns as a visual obstacle.....	155
Figure 21: Record of User's Experience.....	155
Figure 22: Console Clock.....	156
Figure 23: Console Speakers.....	156
Figure 24: A standing Controller causes a visual obstacle for the other colleagues.....	156
Figure 25: The inefficiency of blinds.....	157
Figure 26: ATCT-SCI as an Interactive System.....	157
Figure 27: Diagnostic Instrument "Part A) General Data".....	171
Figure 28: Layout sketch in "1. Cabin Perception" in the Diagnostic Instrument.....	172
Figure 29: 1. Cabin Perception in the Diagnostic Instrument.....	172



Figura 30: 2. Console Perception in the Diagnostic Instrument.....	173
Figure 31: Likert-type scale with scores in brackets and spaces for evaluation purposes.	174
Figura 32: Actions Traffic Lights	175
Figure 33: Graph Filling Examples and Graphs.	175
Figure 34: Part A) answers.	178
Figure 35: Cabin Performance in the ATCT-SCI in MCIA	179
Figure 36: Design of ATCT in MCIA before 2015. Source: SENEAM 3 Décadas (SCT, 2008).	179
Figure 37: Design of ATCT in MCIA after changes in 2015.....	180
Figure 38: Cabin Performance in MCIA ATCT-SCI	180
Figure 39: Reduced space due to the clock and the strip rack in the Helicopter console.	181
Figure 40: Unplanned installation of DRS.	181
Figure 41: Cabin Performance of the ATCT-SCI in MCIA.	182
Figure 42: Lighting Performance of the ATCT-SCI in MCIA.	182
Figure 43: Reflections on the ASDE monitor.....	182
Figure 44: Curtain inefficiency.....	182
Figure 45: Contextualization of ergonomic systems according to SCI.	186

Tables

Table 1: Official documents, training, norms and standards in ATCTs.....	125
Table 2: Checklist of information needed to contextualize Cabin Effectiveness.....	159
Table 3: Checklist of information needed to contextualize Cabin Efficiency.	160
Table 4: Checklist of information needed to contextualize Window Effectiveness and Efficiency.	161
Table 5: Checklist of information needed to contextualize Console Effectiveness.....	162
Table 6: Checklist of information needed to contextualize Console Efficiency.	163
Table 7: Checklist of information needed to contextualize the Efficiency of Lighting Mechanism.....	164
Table 8: Systematizing Cabin and Console Usability Variables in the Instrument.....	168
Table 9: Systematizing Window and Lighting Usability Variables in the Instrument.....	169
Table 10: Diagnostic Instrument Structure.....	170
Table 11: Classification of consoles by section.	181



Abbreviations

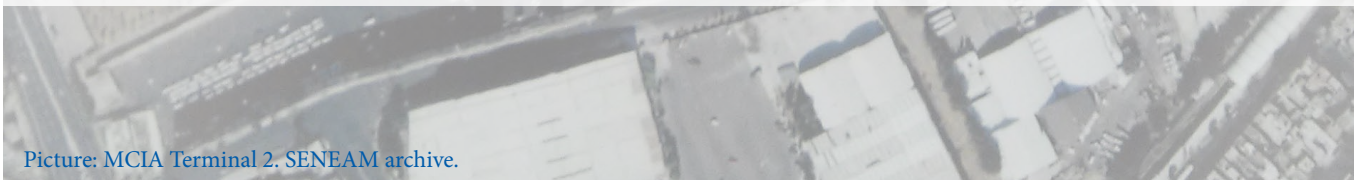
T-E-O-U: Ergonomic system Task-Environment-Object-User.
ASDE: Airport Surface Detection Equipment.
ASA: Airports and Auxiliary Services.
CC: Control Centers.
AOCC Airport Operations Control Centre.
CLAC: Board of Latin American Civil Aviation (Comisión Latinoamericana de Aviación Civil).
ATC: Air Traffic Control; Air Traffic Controller.
ATCT: Air Traffic Control Tower.
DGAC: Directorate General of Civil Aviation in Mexico
DRS: Disaster Recovery System.
HCI: Human-Computer Interaction.
FAA: Federal Aviation Administration.
IFR: Instrument Flight Rules.
ILS: Instrument Landing System.
MCIA: Mexico City International Airport.
NMCI: New Mexico City International Airport.
ICAO: International Civil Aviation Organization.
RAMSA: Radio Aeronautics SA (now known as SENEAM).
SCI: Spatial Communication Interface.
SCT: Ministry of Communications and Transport.
SENEAM: Navigation Services in Mexican Airspace.
ATCT-SCI: Air Traffic Control Tower-Spatial Communication Interface.
UCD: User-centered design.
UTC: Coordinated Universal Time.
VCS: Voice Communication System.
VDT: Video Display Terminal.
VFR: Visual Flight Rules.



Abstract

This research was carried out with a view to improving Controller workstations in Control Towers, based on their work requirements, with a focus on communicative aspects. It was deemed that given the multifactorial nature of the problem, it was first necessary to optimize the study of said workstations through a rapid diagnostic instrument. This was achieved by creating a case study of the Air Traffic Control Tower (ATCT) in Mexico City International Airport (MCIA), in which an ergonomic study was done which facilitated the identification and categorization of the cabin, windows, consoles, and lighting of the essential components which help, facilitate, or assist the Controller's communicative work. Following this, a Rapid Diagnosis Instrument of the Communicative Design of Controller's workstations in Control Towers was designed, and later applied to the Tower at MCIA. The results of the application of the instrument were consistent with the ergonomic research which demonstrated the possibility that said instrument can be useful in the future and facilitate the creation of design strategies which will improve ATCTs in those terms.

Keywords: Air Traffic Control Tower, Controller, workstations, communicative design, diagnostic, Mexico City International Airport, Ergonomics.



Picture: MCIA Terminal 2. SENEAM archive.



Introduction

This document deals with the **analysis of the complexity of spatial communication** in the workstations of Air Traffic Controllers in Air Traffic Control Towers (ATCT), through the perspective of architectural and industrial design. Said analysis consisted in **the identification of consoles, windows, cabin and lighting** as essential elements of spatial communicative design; the **definition of their characteristics**; and their diagnosis. After this, a rapid diagnostic instrument was proposed with the scope of optimizing ergonomic research related with the spatial communicative design in workstations. Said process can be useful in similar situations or other interactive spaces.

At the beginning of the analysis, a broad view of civil aviation in Mexico was provided, and the ATCT at Mexico City International Airport (MCIA) was selected as the case study. Later, a theoretical and critical framework was developed in which the ATCT is comprised of numerous systems - social, technical, communicative and ergonomic; and, through the optic of usability, the concept of Spatial Communication Interface (SCI) as a practical application to facilitate their study and diagnosis was developed.

Once the ATCT was conceptualized as a SCI, then the windows, consoles, cabin and illumination were identified and defined as essential components. This was achieved after having done ergonomic evaluations in the ATCT at MCIA during May and June 2015, and consisted of interviews, photographic and architectural surveys, detailed study of lighting, and simulations of fields of view, during which the attributes of spatial and communicative design were observed of the aforementioned components, and their issues, both specific and generic.

Finally, the following was proposed: a **Rapid Diagnostic Instrument of the Communicative Design of the CTA's workstations in the Control Towers**. Said instrument provides the **Performance Index of Consoles, Windows, Cabins, and Lighting**, whose purpose is to facilitate the understanding of the effectiveness and efficiency of the communicative and spatial design of Workstations for CTAs, and compare results between different ATCTs.

This instrument was used in the ATCT at MCIA, and determined that by passing through a validation process, it ensures a positive impact in the design of ATCTs in general.



Picture: MCIA Terminal 1. SENEAM archive.

Chapter 1

Problem Statement

This research project arises from my previous experience as an architect whilst involved in the modernization project of the ATCT at MCIA. During this experience I observed that the Controllers work under constant pressure with a heavy workload which means that they need to stay alert during long periods of time. In some instances, Controllers are aware that some design requirements for their workstations are not being fulfilled; in other instances, they assume these design shortfalls as part of their job duties. It is for these reasons that it was considered necessary to optimize the study of the Controller's workstation design in the ATCT.

In practice, the solution to the problem of the design of this type of workstation is viewed from architectural, ergonomic, and current regulations perspectives, which are unspecific. Firstly, the current practice of Architecture is insufficient because the most closely related concept in this field is accessibility, which looks at the possibility of living in a place, which is not the same as

the study of communicative activities in space. Secondly, the field of Ergonomics creates the design of workstations overwhelmingly focused on physical interactions, but does not facilitate spatial communication. Finally, the International Civil Aviation Organization (ICAO) establishes standards and recommendations with respect to the design of consoles, windows, and cabins, and lighting but are limited to constructive questions rather than critical development focused on their spatial-communicative attributes. Similarly, there are standards such as ISO 11064 Ergonomic design of control centers (ISO, 2013) which covers ergonomics and usability in Control Centers (CC); however, it is too general to provide a specific design for ATCTs.

Therefore, in many cases, the CTA perceives that their workstation requirements are not being addressed; however, they cannot be specified because there are no optimal studies that can help reach a diagnosis.

1.2 Research Questions

- What are the components of spatial communication design that are essential in the ATC workstations located in ATCTs?
- How does the design affect operators' work in the ATC?
- How can the diagnosis of spatial and communicative design be optimized?

1.3 Hypothesis

- The components of spatial communicative design which are essential in the ATC workstations located in ATCTs are consoles, windows, lighting and a cabin;
- Their design affects the work and communicative performance of the ATC;
- Their diagnosis can be optimized through an instrument that scores spatial communication design attributes.

1.4 General Objective

- To optimize the study and diagnosis of the spatial communication design of ATC workstations used in ATCT using an instrument that can diagnose rapidly.

1.5 Specific Objectives

- Describe the systemic and organizational landscape of civil aviation in Mexico.
- Select the ATCT at MCLIA as a case study.
- Identify the theories that provide a holistic view of the design of spatial communication systems.

- To view ATCTs as Spatial Communication Interfaces.
- To detect ATCT-SCI components and their issues, through an ATCT-SCI ergonomic evaluation.
- To classify, according to Usability variables within the context of communication, the consoles, windows, and cabin as essential elements of workstations used by ATCs in ATCTs.
- Propose a rapid diagnostic instrument of said elements according to their classification.
- To discuss the utility and benefits of said instrument based in its application in MCLIA's ATCT-SCI.

1.6 Rationale

The research contributes to Design as a discipline and to Air Traffic Control in both general and specific levels. At a general level, it provides a new visualization of workstations which impacts the designer's work habits, because it allows classifying workstations as Spatial Communication Interfaces (SCI) with the scope of determining attributes and metrics for spatial and communicative design according to work performance. At a specific level, it allows the linking of Controllers' performance with their workstation attributes, and therefore, optimize the pertinent ergonomic research in order to improve said workstations in various Control Towers.

Within the group of users who benefit, are principally the Air Traffic Controllers of the ATCTs who, in their workstations (primarily comprised of Consoles, Windows, Lighting and



the Cabin in the tower), frequently confront uncomfortable situations, fatigue and stress, which can be addressed by concretely understanding their requirements surrounding the design of their workstations.

The contributions and benefits discussed could be reaped during the building of New Mexico City International Airport (NM CIA), which is expected to be completed in 2020. This benefit is tangible in the sense that the Instrument of Rapid Diagnosis of Communication Design of Workstations in ATCs for Control Towers can be applied in different ATCTs, including those that are still at the design stage, in such a way that their project specifications can get as close as possible to the Controller's requirements. This means optimizing the resources in the design, construction, and study of the aforementioned workstations.

1.7 Precedents and State of the Art

With regards to existing material related to the problem which is being discussed, there exist norms and design guides which explore human-computer interaction (HCI), ergonomics, usability, and aeronautics (Bevan, 2001; OACI, 1997). However, these revolve around the design of digital interfaces or constructive specifications (Table 1), whilst questions related to the interactive attributes of the cabin, windows, lighting, and consoles of the ATCT remain very general. With regards to research in process, there are a number of studies related to the automation of Air Traffic Control. Amongst them are:

- Remote or Virtual ATCT: Air Traffic Con-

Official Documents / Handbooks / Norms							
Aeronautics Related	Airport Traffic Control Tower and Terminal Radar Approach Control Facility Design Guidelines (FAA)	Annex 14 Aerodrome Standards (ICAO)	National Airports Plan; Airports Law; National Plan of Airport Development (SCT)	Operation Permits (DGAC)	Personel Training (ASA)	Personel Training (SENEAM)	Airport Master Plan (AICM)
Usability Related	ISO 20282: Ease of operation of everyday products	ISO 9241: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)	ISO 14915: Software ergonomics for multimedia user interfaces	ISO 11064: Ergonomic design of control centres	ISO 13407: Human-centred design processes for interactive systems	ISO/DIS 10075-1 Ergonomic principles related to mental workload	ISO/TS 16071: Ergonomics of human-system interaction

Table 1: Official documents, training, norms and standards in ATCTs.

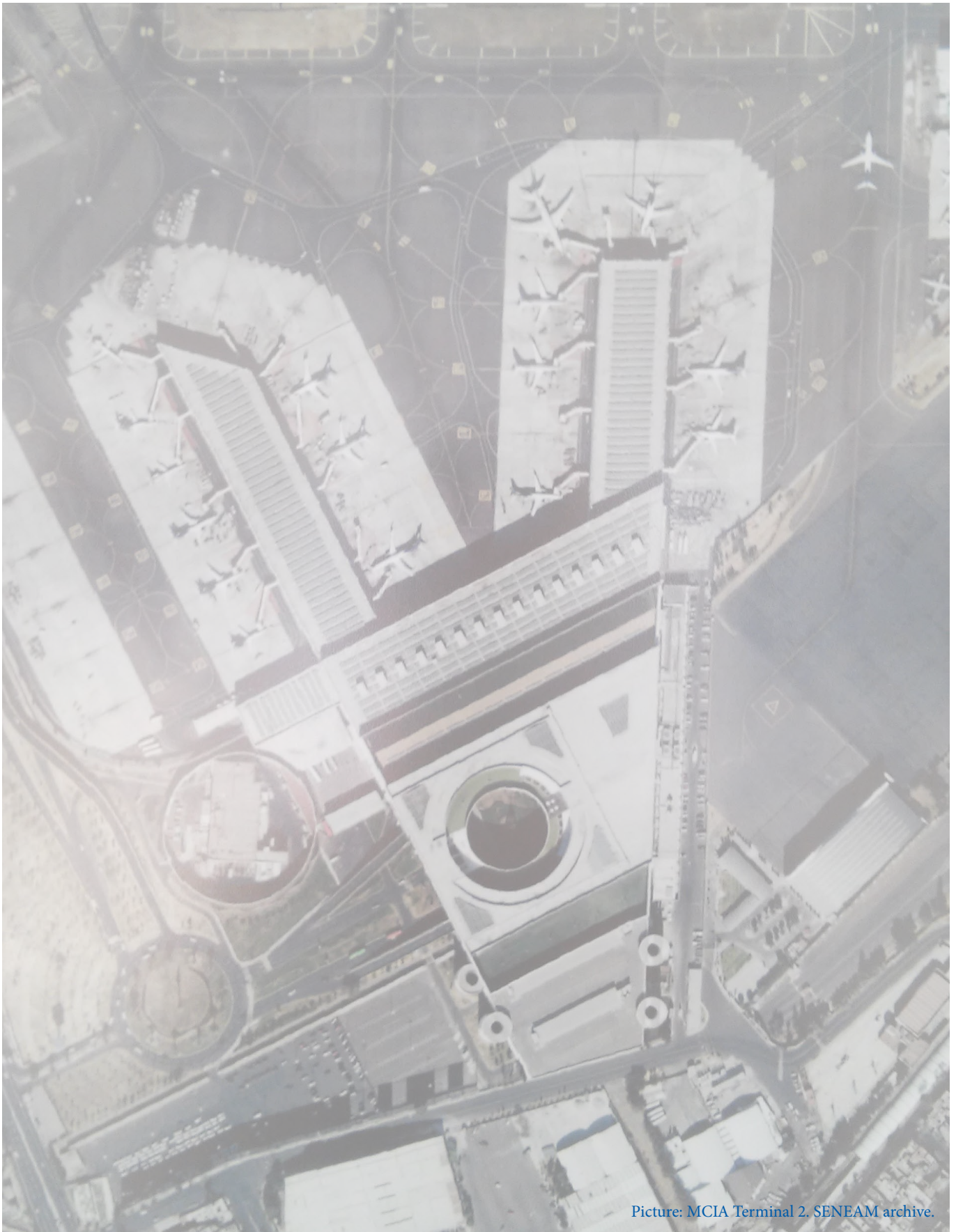
trol Towers that are not necessarily raised from the ground or even inside the airport, which are planned to be connected via video systems which would replace the need for having windows (Norbert Fürstenau, Rudolph, Schmidt, & Werther, 2001). This project assumes that the video cameras can work all the time, which would represent a weakness when compared with traditional towers.

- Augmented Reality in ATCT: Enhanced reality or enhanced vision towers (N. Fürstenau et al., 2009; Norbert Fürstenau et al., 2001) is

a concept which is currently at an early stage of development, which, unlike Remote or Virtual Control Towers, are not as drastic a change, but propose that the windows project certain information, for example, meteorological data. This project provides a good alternative to enhance existing towers.

In spite of these studies being very promising, they do not encompass in their entirety the interactive analysis of consoles, windows, lighting, and the cabin in their complexity within the ATCT.





Picture: MCIA Terminal 2. SENEAM archive.



Picture: MCIA. <http://www.aviacionmexico.com/10-datos-interesantes-de-la-aviacion-en-mexico/>.

Chapter 2

Overview of Civil Aviation in Mexico

This chapter describes at a general level the historical development and current setup of civil aviation in Mexico, including air traffic control systems, and presents Mexico City International Airport (MCIA) as a case study. This description provides an overview of how the Air Traffic Control Tower (ATCT) is located within the context of aeronautics and explaining its functions.

2.1 Mexican Civil Aviation Organization and History

In order to understand the setup of civil aviation in Mexico, it is necessary to understand its relation with other international entities, to subsequently understand the function of the national ones. Moreover, it is necessary to understand the historical evolution of said organizations.

Insofar as the organization at a global level, civil aviation is regulated by the International Civil Aviation Organization (ICAO), founded in 1947, which is divided into commissions that are dedicated to the cooperation and coordination of activities between member states. In Latin America, the ICAO has a regional center called Board of Latin American Civil Aviation (Comisión Latinoamericana de Aviación Civil – CLAC). Finally, at a national level, the governmental insti-

tution which regulates transport is the Ministry of Communications and Transport (Secretaría de Comunicaciones y Transportes – SCT), which in turn is divided into several areas. One of these areas is called the Directorate General of Civil Aviation in Mexico (Dirección General de Aviación Civil – DGAC), founded with its current name in 1958, is dedicated to promote the growth of civil aviation.

In terms of the historical development of civil aviation in Mexico, it dates back to 1920 with the creation of the Civil Aviation Office (now known as DGAC), where operations were done without having an institution which could provide air traffic control services, promote or manage airport development.

In order to provide radio services support to aircraft, a private company called Radio Aeronautics Mexico SA (RAMSA) was created in 1952, which the Mexican federal government transformed into a decentralized public body called Navigation in Mexican Airspace (Navegación en el Espacio Aéreo Mexicano - SENEAM) in 1978, which is currently dependent on SCT and therefor DGAC.

Airports and Auxiliary Services (Aeropuertos y Servicios Auxiliares - ASA) was created by presidential decree in 1965 to administer,

operate, and conserve airports in Mexico, as well as providing auxiliary and commercial services. Several airports are under its administration, amongst others, Mexico City International Airport (MCIA), which is considered to be the most important national airport which also highly relevant internationally (Ruíz & Díaz, 2003).

2.2 Air Traffic Control System

Air traffic control systems integrate various control centers (CC) operated by Controllers. The following can be found in CCs (FAA, 2014):

- Air Traffic Control Towers (ATCT): used to administer and control air traffic from the

- Terminal Radar Approach: use terminal radar sensors to assist aircraft to reach the perimeter of the airspace which falls under their remit, which is generally between 20 and 50 miles from the airport and up to an altitude of 17,000 feet, before passing to the En Route Control Center
- En Route Control Center: the Controllers in these installations control air traffic at or beyond an altitude of 17,000 feet, and are generally responsible for an area covering approximately 100,000 square miles. They give instructions, authorizations, and advise on procedures (both manual and radar).

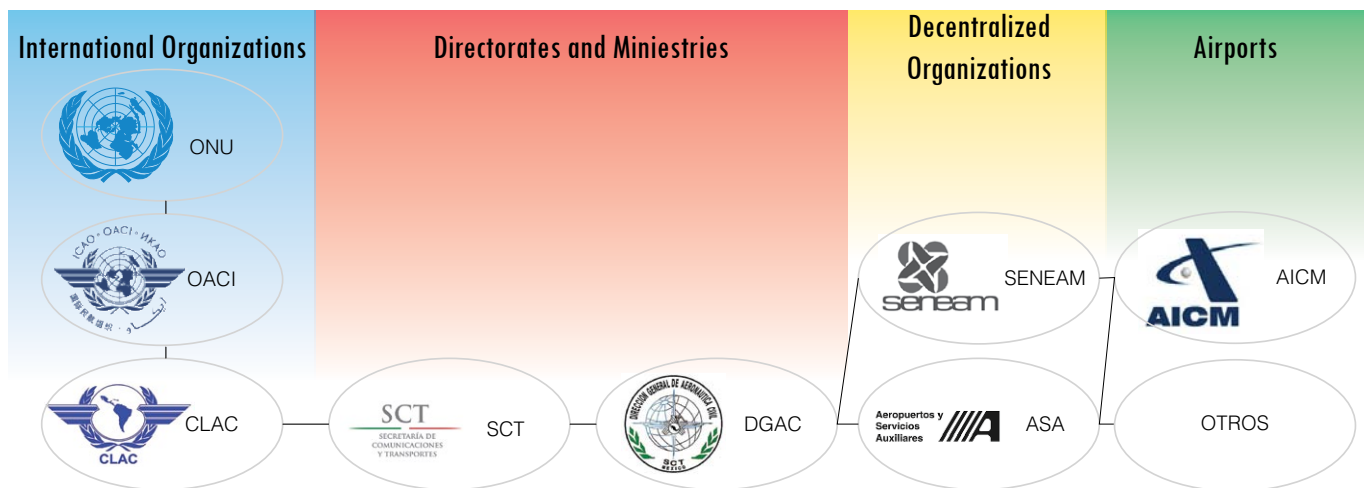


Figure 1: Organizational structure of Aviation in Mexico.

airport of a radius between 3 to 30 miles, and from which the flight path, take off and landings are planned; authorizations of plans, including advice based on Controller’s observations and experience. ATCTs serve as “a vantage point from which the air traffic controller may have an unobstructed view of air traffic patterns around the airport”.

The operators in these facilities are the Air Traffic Controllers, whose abilities include judgement, mental agility, and spatial management of objects, as well as decision making in a wide range of situations in order to work as a team and respond appropriately in high risk situations and constant pressure (SENEAM, 2014a). These skills revolve around situation awareness, which is ba-

sically the creation of a mental representation of how the CTA is positioned with respect to the elements under its jurisdiction, such as aircraft, in order to make decisions. The following is a list of knowledge and skills required to be a CTA in Mexico (SENEAM, 2014a):

Skills

- Aeronautical meteorology.
- Air operations: take off, landing, and taxiing.
- National and international aviation legislation and regulations.

Knowledge

- Spanish and English (standard aeronautical phraseology).
- Aeronautical Communications.
- Decision making under normal conditions and emergencies.
- Coordination between pilots, controllers, and aviation personnel.
- Provide clear, accurate, and fast instructions for the successful completion of the required maneuvers.
- Aircraft tracking, taking necessary safety

margins into account.

- precise estimate of the general and specific situation of the aircraft and the factors that affect the development of a flight.
- Systematize information on the position of aircraft, as well as airport and weather conditions.
- Planning, programming, development, and evaluation of aircraft movements, both on the ground and in the air to foresee and visualize different scenarios and give appropriate instructions.

2.3 Airport System

Air traffic control begins and ends within airports, specifically within the aprons, which is the location in which aircraft are boarded and loaded. In close proximity is the taxiway where the aircraft move, either toward the beginning of the runway and wait for their turn to take off, or to access the apron where to disembark passengers (Figure 3). These areas are under the principle jurisdictions of the Controllers within the ATCT.

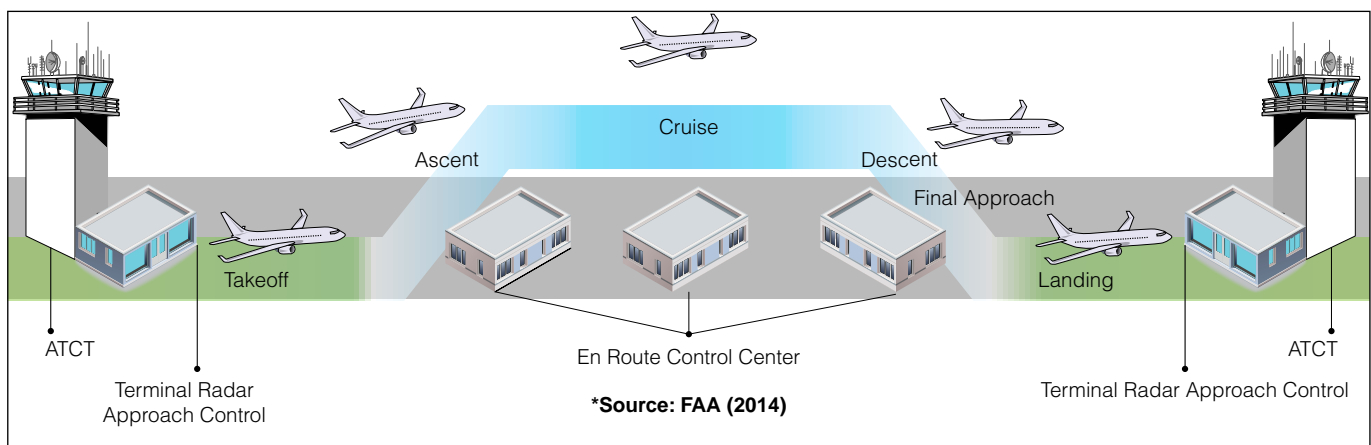


Figure 2: Air Traffic Control System.

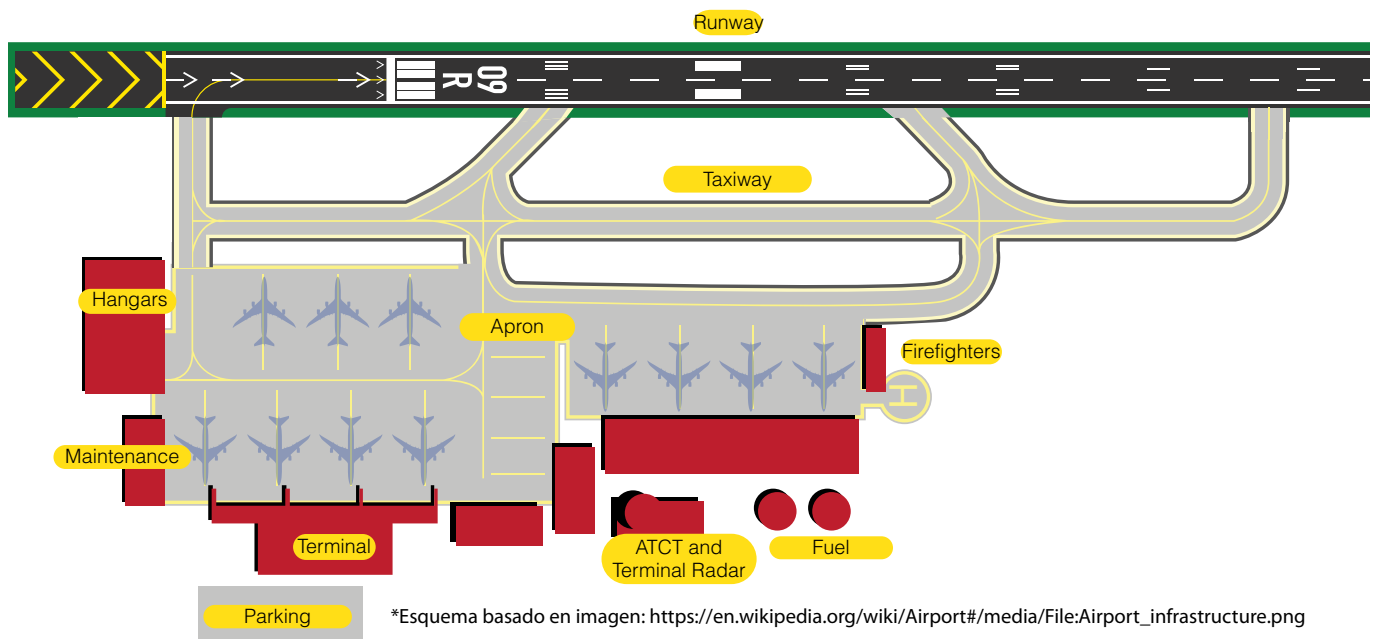


Figure 3: Overview of an Airport System.

2.4 Air Traffic Control Tower System

Within the ATCT, the landing and takeoff tasks are distributed among Controllers at specific positions, which are workstations specific air traffic control procedures are carried out, including:

- **Ground Control:** responsible for controlling and organizing taxiing of aircraft from the apron or ramp to the runway or vice versa. The operator controlling in this position can vary depending on which runway's heading will be occupied by this aircraft. This is caused by either the position of the terminals or the aircraft's position. Three positions exist in the ATCT in MCIA: North (for Terminal 1), South Central, and South East (for Terminal 2).
- **Air Control** (also known as Local Control or Tower): responsible for the runways, authorizing aircraft to land or takeoff. Internally there is a position for a Coordinator and a

Controller, although a position for Departures is being considered (the current situation in MCIA is that Departures is in the ERCC) En Route Control Centre

- **Clearance Delivery and Flight Data:** responsible for revising and authorizing the flight plan and route before the aircraft begins taxiing, and for confirming that the meteorological conditions will allow the journey to go ahead. In some airports (such as MCIA) this position includes a Disaster Recovery System, which is dedicated to creating a backup of information in case of a technical failure, and the Metering system, which is used to manage delays.
- **Supervision:** responsible to provide support to Controllers in different roles and instructions about procedures. Provide support when there are failures in communication and instruct trainee Controllers. In turn, they



serve as a communication bridge between Controllers, technical engineers, maintenance, and administrative personnel.

In order for the previously described positions to work, two general elements need to exist: the view of the airport through the windows and the instruments, which provide information and allow communication between Controllers and the pilot in command (Figure 5).

There are ATCTs which have limited instruments which provide flight information, whilst others have advanced technology, such as Instrument Landing Systems (ILS) which can be used even when there is low visibility. However, one of the purposes of the ATCT is to be able to have visual information.

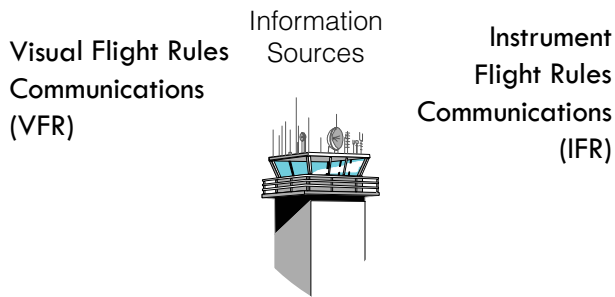
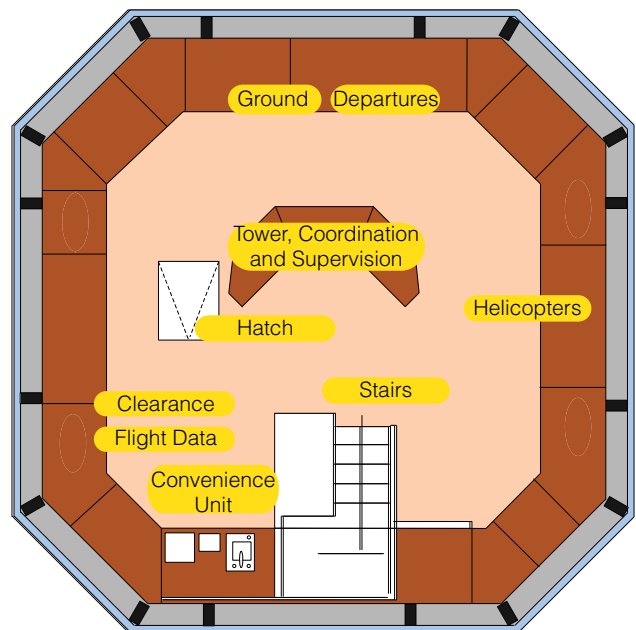


Figure 5: Flight Service Information.

2.5 MCIA History

Mexico City International Airport is an airport of importance both nationally and internationally, given that it connects the Mexican capital with other cities within Mexico as well as the world, it serves as a point for both domestic and international transits. Its importance is also linked to the beginning of aviation in Mexico.

Its history goes back to 1910 when Balbuena fields were first used, and five years later it became the national aerodrome. Later, due to flooding, aviation activities were moved to other



*Source: Appendix 3 Airport Traffic Control Tower and Terminal Radar Approach Control Facility Design Guidelines, FAA

Figure 4: Air Traffic Control Tower System.

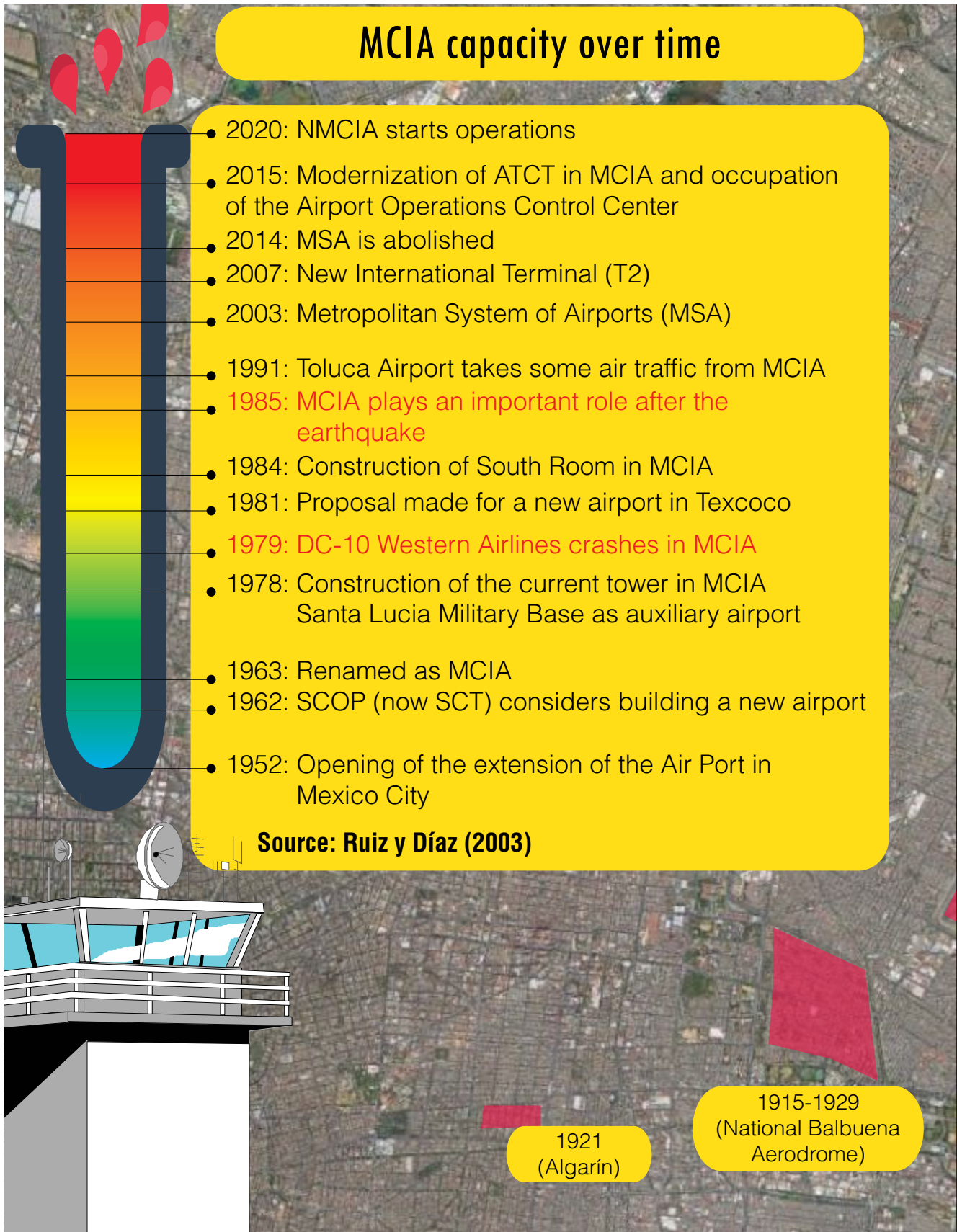


Figure 6: MCIA Capacity and History.



~1 Task per minute



~410,000 tasks per year

~1,123 tasks per day

61 tasks per hour (max)

46 tasks per hour (average)

Information obtained from
www.aeropuerto.gob.mx January 2016

2020-
(NMCIA)

Blindspots



High workload



Operations are not simultaneous



1952-2020
(MCIA)

1929-1952
(Central Airport)

sites and it wasn't until 1929 that the Central Air Port was established which in 1952 was named MCIA (Ruíz & Díaz, 2003).

The capacity of Central Air Port was questioned in 1962 when the Ministry of Communications and Public Works (SCOP, now known as SCT) began considering a new airport. However, the international naming in 1963 led to the development of bigger and better facilities.

The current Air Traffic Control Tower was built in 1978, replacing the previous one, in order to cover the requirements resulting from increased air traffic. However, by 1981, it was considered that a new airport was needed once again, which was planned to be built in Texcoco, but the plans were not made concrete, which resulted in the continued expansion of the existing installations: the south area in 1984; the international terminal (T1), in 1994.

During the nineties, in an effort to reduce air traffic in MCIA, alternative airports such as Toluca, Cuernavaca and Queretaro were explored, which is why in 2003 the Metropolitan Airport System (MAS) was created whose purpose was to provide an integral solution to MCIA's capacity problem, which was already being seen since 1995. During the same year (2003), a decision was made to increase capacity, and in 2007 operations began in Terminal 2. However, these efforts are deemed to be insufficient, and in 2014 the MAS plan is discarded and the proposal to construct the New Mexico City International Airport in Texcoco (NMCIA) gets the go-ahead.

In 2015, SENEAM occupied the Airport Operations Control Center (AOCC) in order to support the transition and extend the functions

of the ATCT in such a way as to improve visibility within the airport. Moreover, the ATCT was modernized to improve its capacity.

2.6 MCIA Vulnerabilities

MCIA is an airport which is constantly operating at maximum capacity, which has an impact on the Controller's work. One on hand, the installations in the airport cannot grow any more, a scenario which impedes operational optimization (i.e. take offs and landings occurring simultaneously). On the other hand, there are 410,000 transactions per year (SCT, 2014), making it one of the busiest airports in the country. This means that during peak usage, the Controller has to handle 1 transaction per minute during a 12 hour day, alternating night shifts, which results in a very demanding job.

2.7 Summary: Complex relation of systems around ATCTs

The design of an ATCT system is multifactorial and therefore complex since it relates to other, much larger, systems in which it is part of: the organizational system, governed by norms and agreements, both locally and internationally, the ATCT system, which consists of the coordination of a range of Control Centers (Ccs); the airport system, which is an element of jurisdiction of the Controllers who work in the ATCT (Figure 7). All of these systems present social and technical characteristics. It is therefore necessary to have a holistic vision of what constitutes an ATCT, as well as its relations with other systems under these terms.



In Mexico, MCI represents a pertinent case study because of its problems, and because it has been central in the historical and organizational development of aviation in this country,

and also given that an analysis of it can have a positive impact on its immediate predecessor: New Mexico City International Airport (NMCI).

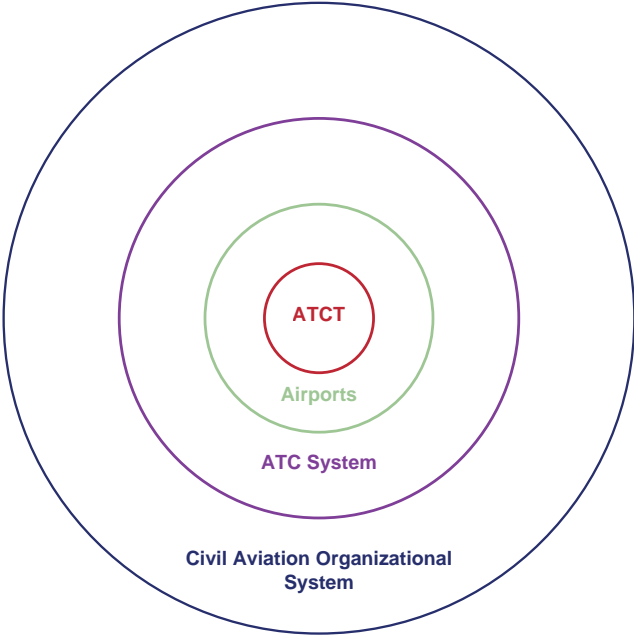
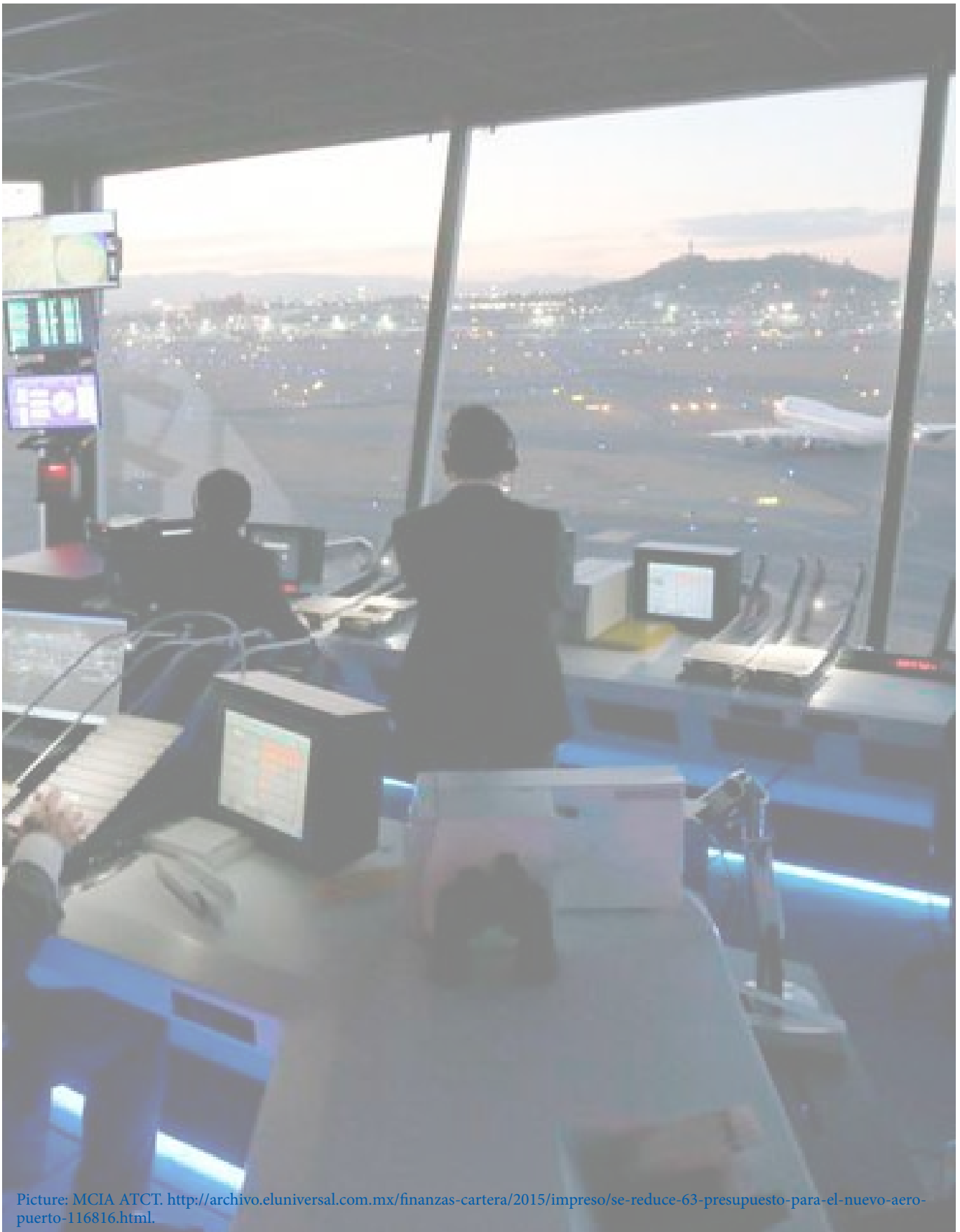


Figure 7: Relationship between systems in Civil Aviation.



Picture: MCIA ATCT. <http://archivo.eluniversal.com.mx/finanzas-cartera/2015/impreso/se-reduce-63-presupuesto-para-el-nuevo-aeropuerto-116816.html>.

Chapter 3

Proposed Analysis

Spatial Communicative Interfaces

This chapter identifies the theories which provide an analytical framework with respect to the complexity of interactive spaces, viewing them as Spatial Communication Interfaces (SCI). To do so, the following will be described: Systems Theory, which provides a general view of systems, including its scale and function; Cybernetics and Communication Theory, which explains systems

with social components; Ergonomics, a discipline which focuses on both the user's performance and wellbeing, as well as the optimized function of the system Task-Environment-Object-User (T-E-O-U); and Usability as a means to understand the interactions within an ergonomic system (Figure 8).

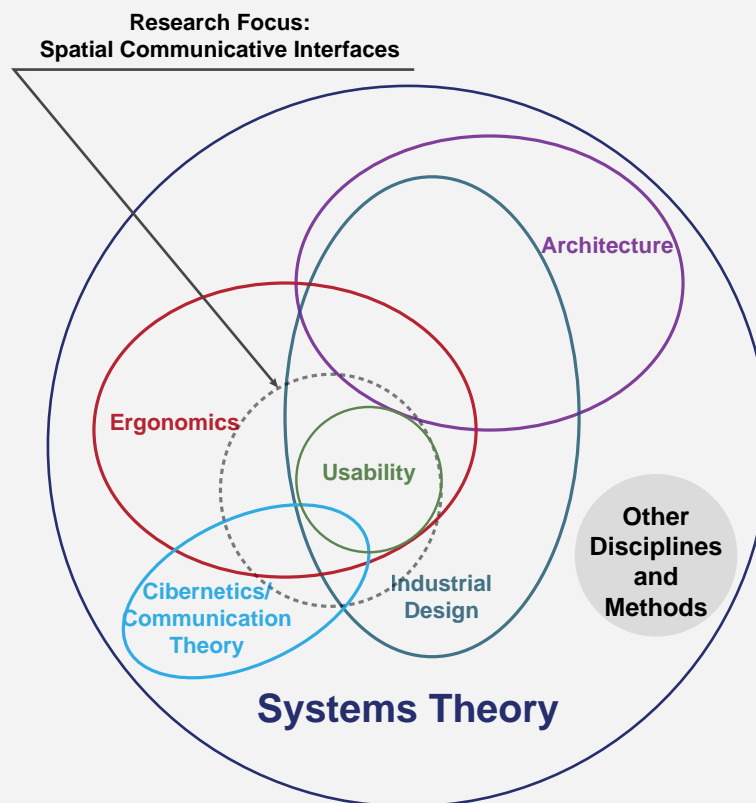


Figure 8: Theoretical Framework used in this Research.

3.1 Systems Theory

Systems Theory is an interdisciplinary science that provides a comparative study of systems, which are an amalgamation of interconnected elements which influence each other in order to reach an established goal. Among the characteristics of this type of system are (Gibson, 2007; Stichweh, 2008):

- Interdependency of the parts of the system;
- Reference of any structure or process of the system with its environment;
- Self-Organization of the whole system in order to respond to external interventions;
- Adaptedness to adjust current and future elements;
- Goal-attainment;
- Integration of elements in the system; and
- Maintaining long-term patterns.

In order to understand how systems reach their goals and objectives, it is possible to create an Index of Performance which indicates how ef-

ficient a system must be to reach them. In the case of ATCTs, the Index of Performance can measure how efficient they are at allowing the Controllers to undertake communicative work. However, before establishing this index, it is necessary to understand communication as an activity.

3.2 Cybernetics and Communication Theory

Cybernetics is the Theory of Systems Control which analyzes:

- Communication (transfer of communication) within a system and its environment; and
- Control (feedback) of the system's function with respect to its environment (von Bertalanffy, 1973); and
- Feedback mechanisms (von Bertalanffy, 1973; Wiener, 1961).

The communicative scheme can be illustrated using the basic structure proposed by Shannon (2001):

• In -

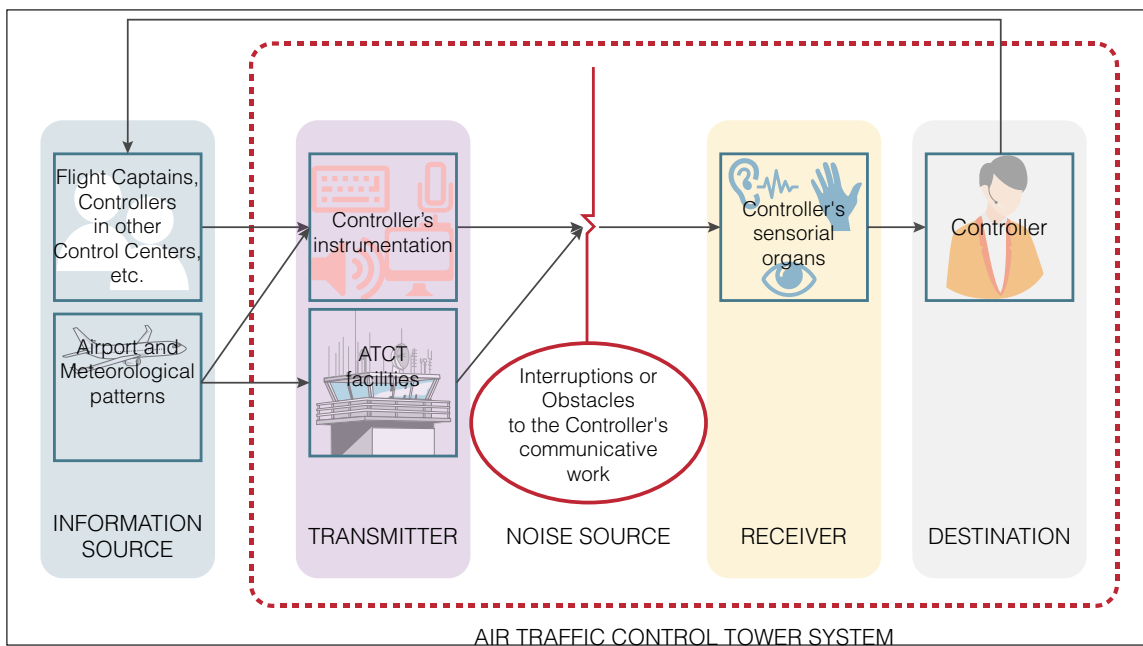


Figure 9: Communicative System in an ATCT.

formation source: generate a message or sequence of messages which can be sent to a receiving terminal.

- **Transmitter:** produce a signal suitable for transmission on a channel.
- **Channel:** a medium used to connect the sig-

A set of instruments and facilities make up the Controller's workstations, which should lead to a design which is centered on the user's labor requirements and professional capacities. The source of this type of design is stipulated in User Centered Design (UCD).

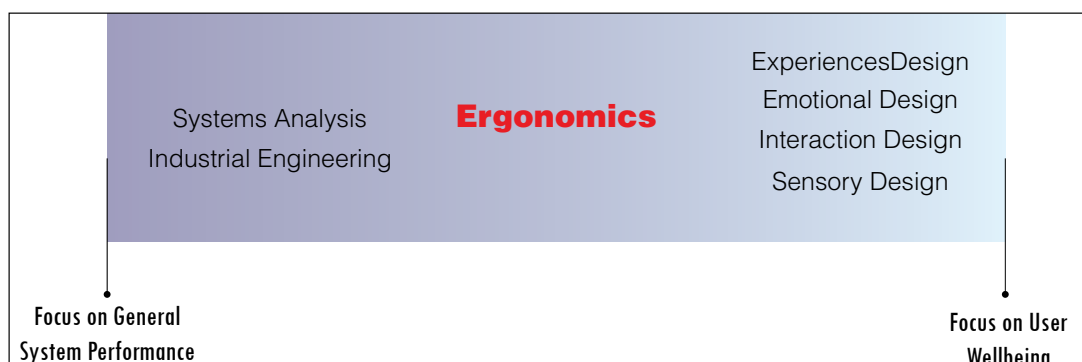


Figure 10: Possibilities of analysis within Cybernetic and Socio-technical systems.

nal between the transmitter and receiver.

- **Receiver:** ordinarily performs the reverse process done by the transmitter.
- **Destination:** Is the person (or object) to whom the message is intended for.
- **Noise:** elements of the signal which do not form part of the message and therefore affects the interpretation of the message.

Taking Cybernetics into account, ATCTs can be considered as a communicative system (Figure 9), given that Controllers work is communicative, and therefore consists of the exchange of information. Said information not only exists in oral or written communication, but also in workstations components, such as windows, consoles or a cabin. In this way, internal noise sources are present in the design of said elements which predispose Controllers to carrying out communicative activities.

3.3 User Centered Design

According to Abras, Maloney-Krichmar, & Preece (2004), User Centered Design (UCD) is a term used to describe the design process in which the end users have an influence on the design of the products (space, services, objects, etc.) within the following parameters:

- Facilitate the determination of the possible actions at any moment.
- Make things visible, including the conceptual model of the system, the alternative actions, and the subsequent results.
- Facilitate the evaluation of the current state of the system.
- Follow natural mappings between intentions and required actions; between the actions and the resulting effect; and between the visible information and the interpretation of the

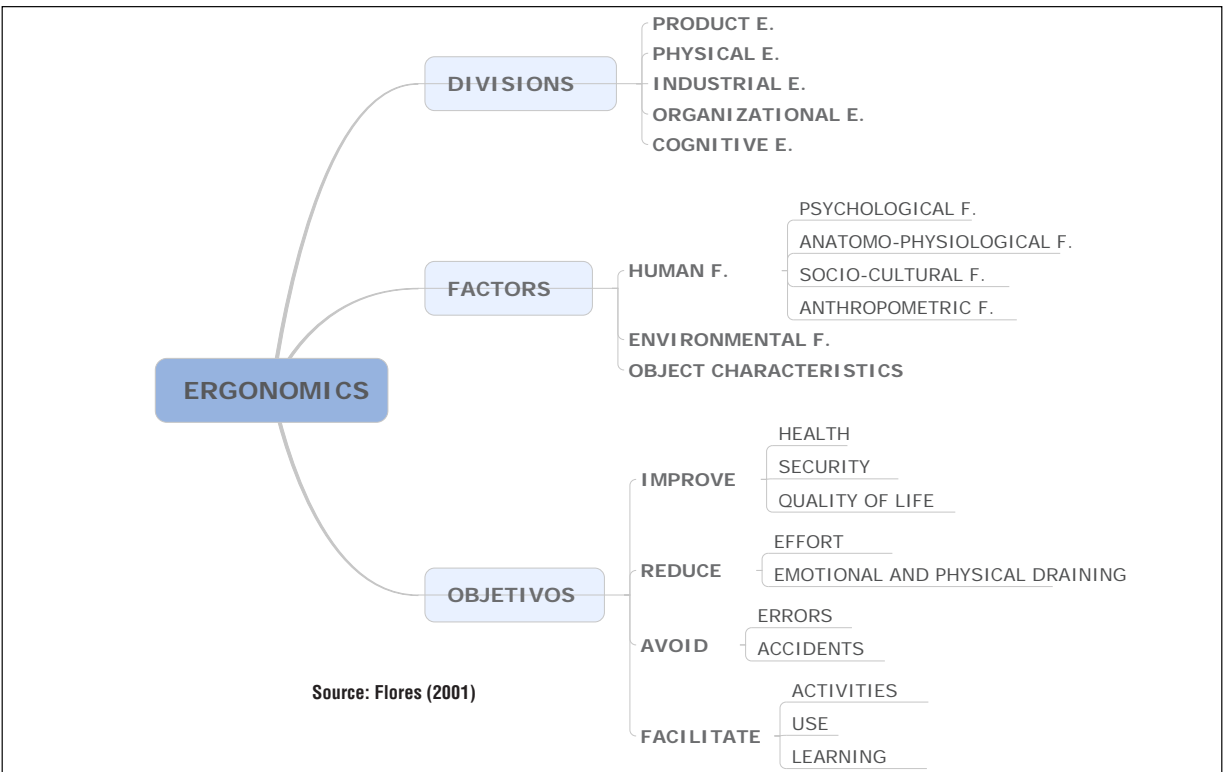


Figure 11: Ergonomics and its Scope.

state of the system (Norman & Draper, 1986).

These parameters speak about the interaction between the user and design elements with a view to facilitating certain activities which respond to a system goal. This corresponds to the ATCTs, given that the Controllers interact amongst themselves and their workstations to carry out their communicative activities. Ergonomics can be used to measure the way in which a system is optimized towards performance.

3.4 Ergonomics

The International Ergonomics Association (IEA, 2000) defines Ergonomics as “*the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data, and other methods to design in order to optimize human well-being and overall system*

performance”. The objectives, divisions, and elements of Ergonomics can be seen in Figure 11 (Flores, 2001).

Given that spatial-communicative systems have been discussed thus far, where the Controller is the end user, and therefore the need to design a solution centered on their responsibilities and abilities, which are communicative, it is necessary to delve into perceptive aspects, illustrated in Cognitive Ergonomics.

3.5 Cognitive Ergonomics

According to Hollnagel (1997), Cognitive Ergonomics is the study of the relationship between work and mind, and its effects, taking into account work-body, which is proposed in classical Ergonomics. Its focus is on the design of systems which have characteristics of integrated cognitive

systems (for example, the operator and their work tools), where work is dependent on the worker's understanding of the situation (goals, mediums, limits, and restrictions). It is for this reason that the design of a work system particularly depends on the conceptualization on both the users (in this case, the Controllers), as well as the cognitive and perceptive systems.

Perception is the understanding of an object-sensitive medium at the moment of a sensorial stimulus which can be decomposed as Visual, tactile, haptic, somatosensory, olfactory, and auditory, or data collection systems, which are as follows (Lean, 1999; Neisser, 1994; Rowlands, 1999):

- **Perception / Direct Action**, which allows us to perceive and act effectively in a local environment.
- **Perception / Interpersonal Reaction**, which underlies our immediate social interaction with other human beings.
- **Representation / Recognition**, through which we identify and respond appropriately to familiar objects and situations.

However, cognition is a process in which sensory inputs are transformed, reduced, developed, stored, retrieved, and used. Nevertheless, these processes can begin even in the absence of a pertinent stimulus, as is the case of images, memories, and hallucinations; there cognition is an *epiphenomenon* of perception.

The relevant terms regarding the processes and general hypothetical states in cognition are **sensation, perception, imagery, retention, appeal, problem solving, and thinking**, amongst others (Hollnagel, 1997; Neisser, 1994).

There are several specific processes of interest relating to the Controller's cognitive abilities in the workplace (Durso & Nickerson, 2007):

- **Situational Awareness:** the perception of the elements in the environment in terms of space and time, the understanding of its significance and the projection of its status in the near future.
- **Selective Attention:** refers to the ability to selectively process some information sources whilst ignoring others.
- **Divided Attention:** refers to the ability to perform two or more activities concurrently. Given that human capacities are limited, divided attention is a function of the processing priority.
- **Sustained Attention:** refers to the ability to maintain the focus of attention for long periods of time.

Cognitive load is the result of a discrepancy between the demands of each task and the person's ability to perform said task(s), which can be divided as follows:

- **Intrinsic:** the cognitive demands to perform a specific task, which is related to the intrinsic difficulty of the material which needs to be understood.
- **Extraneous load:** the result of unnecessary processing as result of poor design.
- **Germane load:** the mental effort required in relevant cognitive activities which are intuitive and clear at first sight (Gog, Paas, & Sweller, 2010; Stassen, Johannsen, & Moray, 1990).

With this understanding of perception and cognition, it is possible to deduce that in order for the Controller to have success in their communicative activities, they need to have a considerable level of consciousness about the situation, select pertinent

information, divide their attention only when it is absolutely necessary and sustain it during long periods of time, depending on the number of transactions that they need to undertake. Furthermore, one can deduce that the cognitive load needs to be intrinsic and pertinent to the task and not caused by extraneous elements such as the design of the workstation.

This cognitive state, which is ideal for the Controller, is influenced by the perception of the workstation which they interact with. It is for this reason that it is necessary to understand it as a concept, which is why Usability is important, since it allows the study of user interactions with the system in order to facilitate their activities.

3.6 Usability

Usability is the ease with which an object, or group of objects may be used (such as the Controller's workstations) for a user or group of users (P. Jordan, 2003; P. W. Jordan, 1998). Moreover, it is a way of understanding the interaction between these two elements, and the extent that a product can be used by specific user in a context of use, encompassing the following variables (ISO 9241-11, 1998):

- **Effectiveness:** the precision and completeness in which users reach specific objectives; namely, percentage completion of a task and level of quality.
- **Efficiency:** resources invested in relation to the precision and integrity in which the users reach their goals; ergo, the level of physical or mental effort expended by the users to reach their objectives.

- **Satisfaction:** absence of discomfort, and the positive feelings resulting from use of the product.

One of the specific conditions in which the focus of importance of usability in this study is the user **interface** (Bevan, 2001) which is a medium through which it is possible to have **natural interaction** between humans and other elements which do not use human language. It is for this reason that interfaces provide a metaphoric zone, of adjustments or translations which should:

- Aim for consistency and standards.
- Cater for universal usability.
- Offer feedback and visibility on the system status.
- Offer workflows which reach a conclusion (i.e. start and ending in tasks that can reach objectives).
- Permit reversals of actions.
- Provide a sense of freedom for the users, as well as a sense of control.
- Minimize short term memory loads.
- Assist users to recognize, diagnose, and overcome errors.
- Match the system and real world.

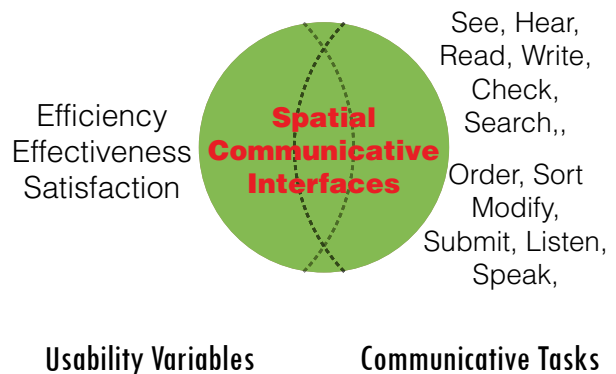


Figure 12: Several metrics based on communicative tasks for TCTA-SCI.

- Be flexible (Molich & Nielsen, 1990; Shneiderman 2010).

Natural interaction signifies that the use of objects (or workstations) requires little to no learning, relating to common human experiences, both general specific (such as the profile of a Controller), which should fulfill the following criteria:

- Consistency between the metaphoric figure and its implementation;
- Coverage of the metaphor within the interface;
- Correspondence: between the affordances of the interface objects and their use to activate the systems' operations.

The understanding of Usability allows one to deduce that the Controller's workstations are composed of interfaces which must be efficient and effective in order for users to perform communicative tasks. Its design must allow natural interaction, which in this case refers to communication with the minimum amount of noise, as well as the relevant provision of information that can benefit the situation awareness.

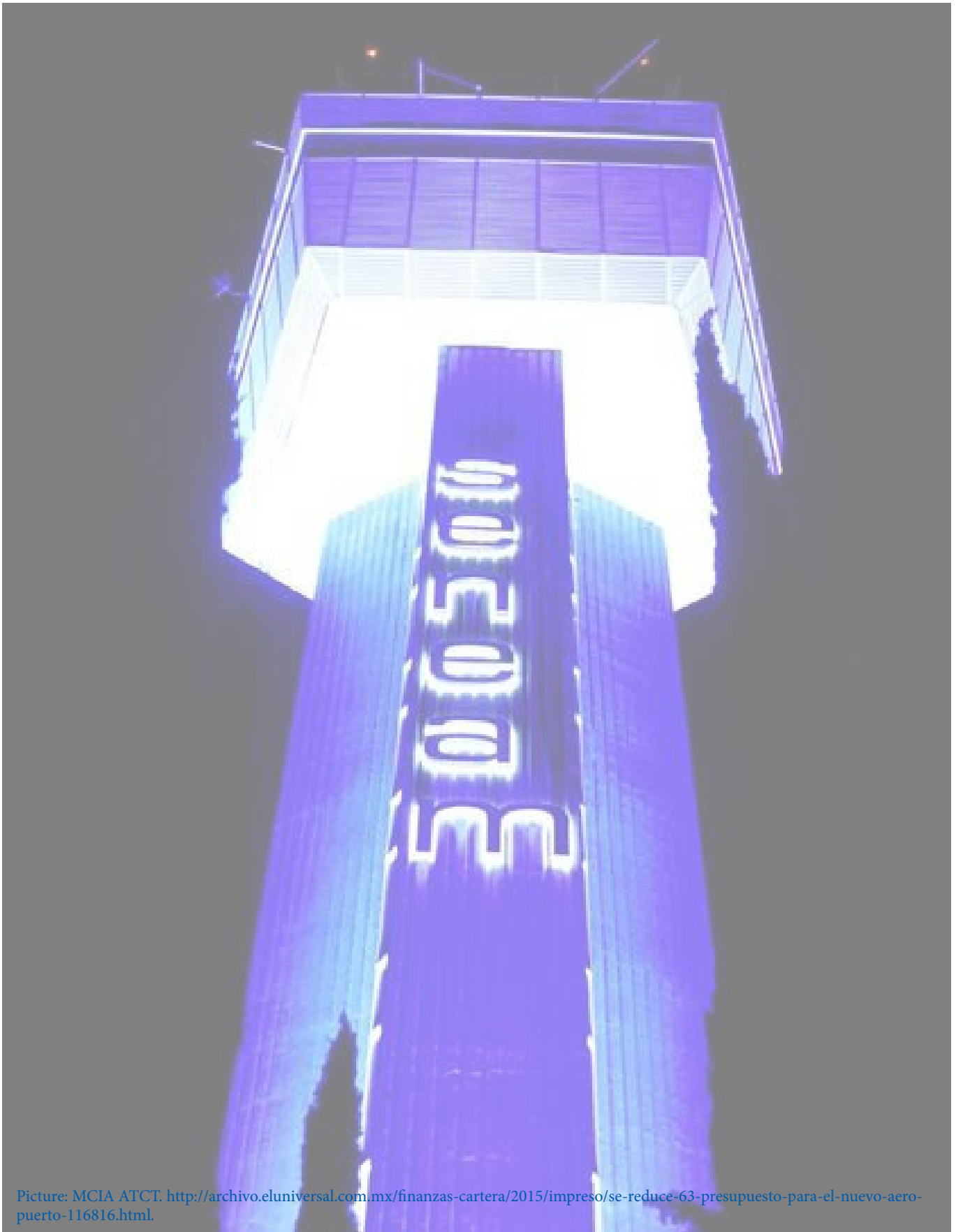
3.7 Summary: Spatial Communication Interfaces as a Proposal for Analysis

Rizopoulos & Charitos (2011) carried out a theoretical analysis to create the concept of Spatial Communication Interfaces (SCI), which are interactive system comprised of physical components embedded in objects and distributed through space. This concept describes the spatial behavior in interactive environments from the point of view of Communication Theory.

For this study, reusing this concept is useful and innovative given that it creates a perspective through which the analysis of ATCTs can be viewed as interfaces (ATCT-SCI), and therefore, subject to the scrutiny of Usability with regards to communicative aspects; where the analytical focus will be on the components of said interfaces: spatial elements of the Controller's workstations which allow communicative activities.

The naming of ATCT-SCI as a concept permits the establishment of metrics which are sufficiently clear and understandable. This means to verify with what efficiency, efficacy, and satisfaction the spatial elements permit, support or assist the communicative tasks (Figure 12).

In this sense, ATCT-SCI can be defined as: a type of interface composed of spatial elements which permit, support or assist communicative tasks in workstations used by Controllers in Air Traffic Control Towers. The aforementioned tasks are defined in their most basic forms in Figure 12.



Picture: MCIA ATCT. <http://archivo.eluniversal.com.mx/finanzas-cartera/2015/impreso/se-reduce-63-presupuesto-para-el-nuevo-aeropuerto-116816.html>.

Chapter 4

Case Study

The ATCT-SCI in MCIA

Given that the design of Controller's workstations influences their communicative performance, and that frequently, the shortfalls are assumed to be part of the Controller's responsibilities, it is necessary to characterize the spatial elements in the design that make up the ATCT and the workstations as Spatial Communicative Interfaces. This characterization will serve to identify the Usability variables that describe how the workstations facilitate the Controllers to carry out communicative tasks.

This chapter analyzes the ATCT in MCIA as an ATCT-SCI, which is to view it as an interface made up of those spatial elements which permit, support, or assist communicative tasks at the Controller's workstations. The aim of said analysis is to link the design of the ATCT-SCI with the Controller's communicative performance, the result of which will identify consoles, windows, a

cabin, and lighting as principal components; and define their specific Usability qualities.

The analysis consists of first defining the airport conditions which impact how the ATCT-SCI facilitates working information, particularly in relation meteorological patterns and airport operations; later, a description of the work instruments and location of each workstation will be described; finally, the problems related to the spatial communicative attributes of the consoles, windows, cabin, and lighting will be described. In order to achieve this, a study of the ergonomics was carried out between July 6 and August 4, 2015, which consisted of an analysis of solar radiation, architectural and topographical surveys, an analysis of the field of vision, a record of users' experiences, and participant observation at the ATCT in MCIA.

4.1 Airport conditions which impact the operation of the ATCT-SCI

The airport location impacts how the windows, consoles, cabin, and the lighting facilitate work information, specifically to identify meteorological patterns and airport operations. In order to understand this influence, the airport's layout needs to be seen in relation to the workstations and its components. In Figures 13, 14, and 15, it is possible to observe some examples of these types of relationships and their impact with the Controller's communicative tasks.

In Figure 13 it is possible to view the position of the ATCT-SCI in relation to the elements

in the airport that imply a challenge in the identification of the status of aircraft in the aprons in T1 and T2, since they are not easily seen from the ATCT-SCI. Therefore, in 2015, SENEAM occupied the Airport Operations Control Center (AOCC) as a feasible and viable solution to mitigate this problem, but it wasn't completely solved.

Given the visual conditions of the airport, the composition and distribution of the workstations inside the ATCT-SCI need to adequately respond by optimizing as much as possible the visuals which the Controllers have in such a way as the impacts caused by the conditions in the airport do not increase. This can be seen in Figure

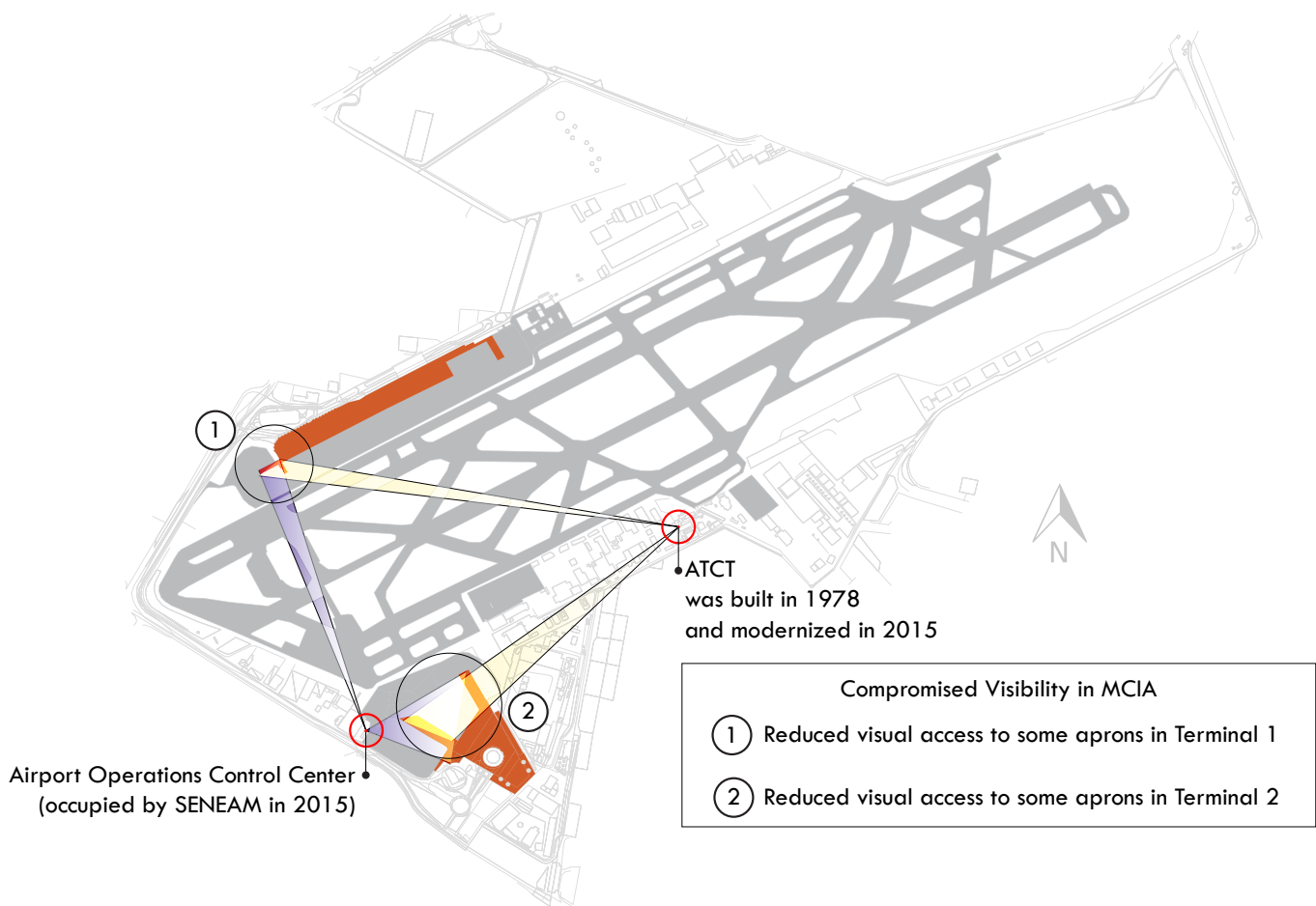


Figure 13: Apron Visibility in MCIA.

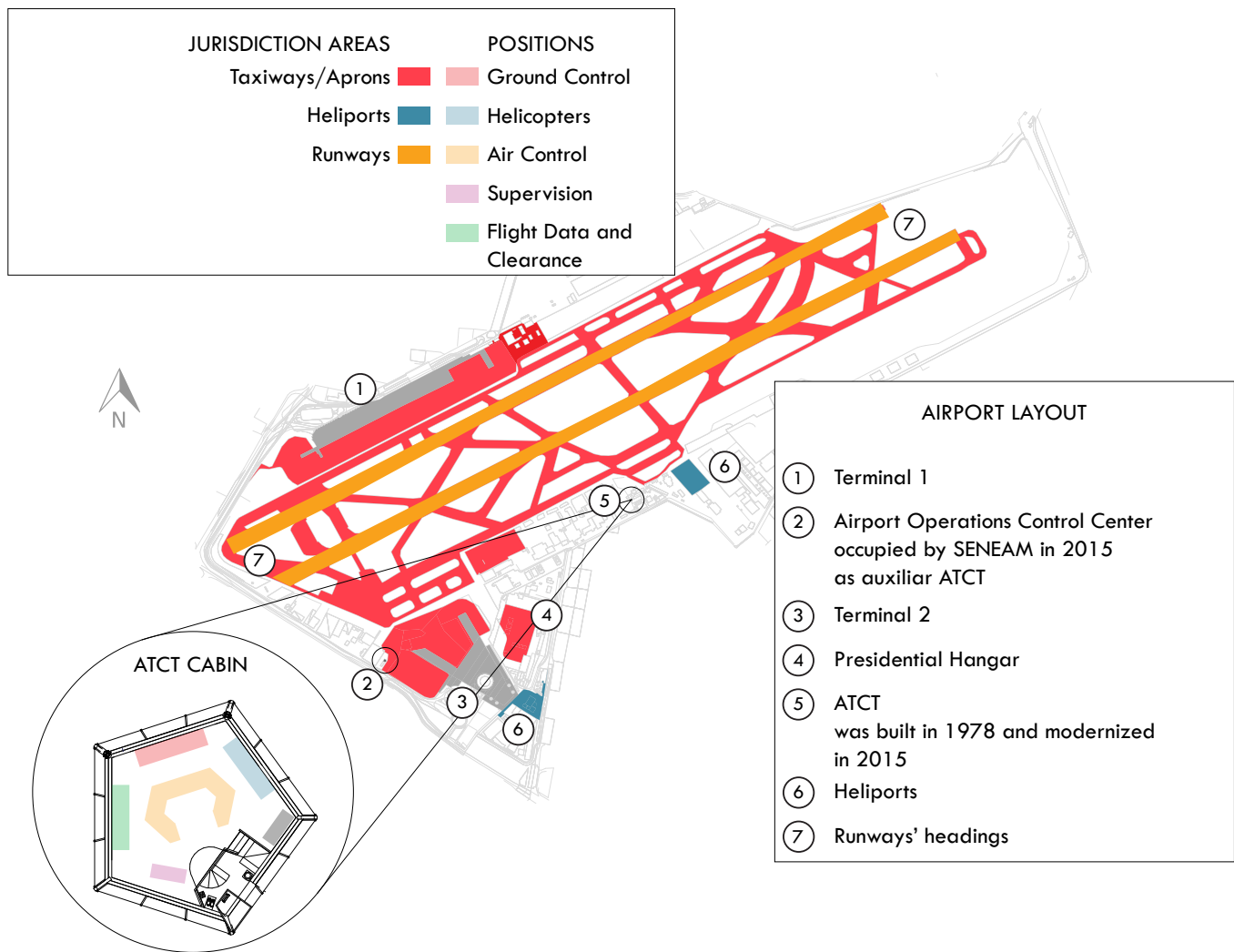


Figure 14: Relationship between the ATCT's cabin and the rest of MCI.

It is possible on first inspection to determine that the Helicopters could be better positioned to guarantee the line of sight with the heliports.

14, where for example, the position of the helicopters impedes easy viewing of the area of jurisdiction, as it lies behind the Controller's neutral position. This means that when the Controller is sat at the console to visualize their instruments, they have to turn their back on the heliports: a situation which makes their activities more difficult.

In terms of natural lighting, it was observed that sunlight, throughout the year, impacted principally at the Authorizations position, since the sunset is always at the westerly position

and enters through the windows which are closest to this position. This year-round phenomenon is represented in Figure 16 as the yellow zone over the plane of the cabin, which delimits the Authorizations' facade, whilst the proximal facade at the Helicopters' position suffers partially, whereas the Ground position doesn't suffer at all. The impact at Authorizations is transformed in possible reflections in the screens or surfaces and can cause discomfort to the Controllers due to the direct impact. With these examples, the relationship

between the distribution and orientation of the components of the workstation (consoles, windows, and cabin) with the layout of the airport has been proven. This relationship has a direct impact on the Controller's communicative activities. However, it is necessary to describe the Controller's work tools and their spatial distribution in order to have a broader view of their activities and the impact they have on the aforementioned relationships.

4.2 Controller's work Instrumentation

The work tools in the ATCT in MCIA meet with international design standards and therefore apply to every ATCT around the world. However, even though not every tower has the same amount or version of each tool, or the same layout; it is useful to take this ATCT into account because it represents one of the most relevant airports nationally and internationally with regards to aircraft movements and facilities. Therefore, this section describes the instruments both in terms of their function and distribution.

With regards to function, the instruments basically consist of various types of radars, radios,

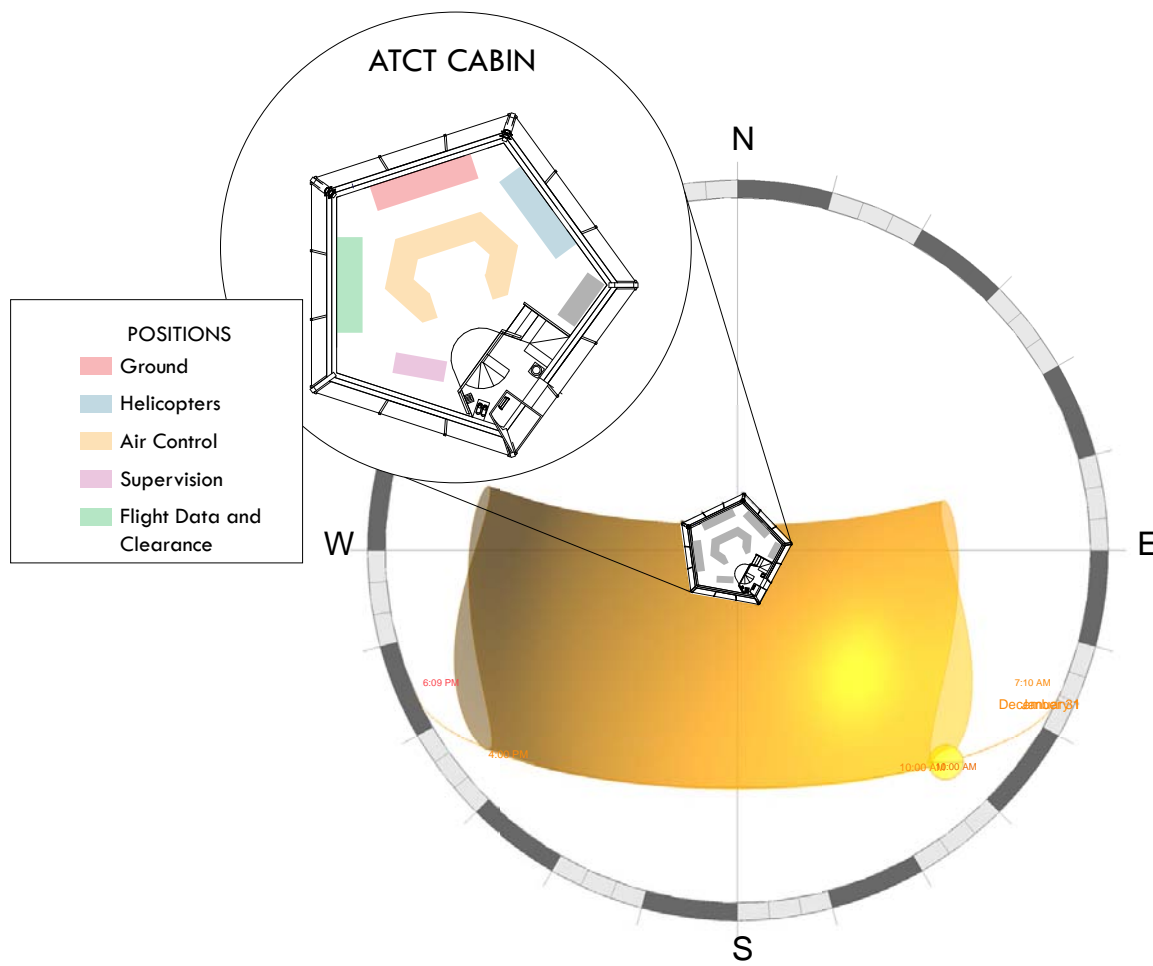


Figure 15: Annual Solar Radiation in MCIA's made with Revit Architecture 2014.

and other equipment. The following is a list of the instruments found at the ATCT in MCIA:

- Voice Communication System (VCS): devices which manage the change of radio frequency in order to establish communication between Controllers - Pilots; Controllers - AOCC; Controllers - substation. These systems include a monitor (VDT) to change frequencies, a device for actuating communication (it can be a pedal or a button), an audio device (speaker or headset), and a microphone (headset or fixed). In the case of MCIA, all of the aforementioned options are used as contingency devices with the exception of the microphone.
- Radio Dittel (DRS): device used to replace the VCS in case of emergency or system failure.
- Airport Surface Detection Equipment (ASDE): system which detects aircraft movement in Runways and Taxiways.
- Eurocat: system to integrate aircraft positions into a single area of flight information.
- Flight Progress Strips: systems that are used to control aircraft. They provide flight and aircraft information. These systems are computerized or made of physical strips constantly updated on a panel or rack. In the case of physical strips, they are filled out manually or printed. In the case of MCIA, and in general in other airports in Mexico, the system is based on physical printed strips.
- Light Gun: used to communicate with aircraft.
- Doppler Radar: used to detect approach conditions such as when an aircraft becomes destabilized by turbulence.
- Meteorological Radar: used to detect climatic conditions. It includes: barometer, anemometer, altimeter, thermometer, etc.
- PC Gate: shows the naming and sequence of aircraft, boarding gate, landing time, etc.
- Clock: displays the time in Coordinated Universal Time (UTC).
- Disaster Recovery System (DRS): system which backs up the information used in the Eurocat radar via the Sky system. If Eurocat suffers a failure, for example, by freezing or some other means, the DRS will provide flight information.
- Metering: system to manage flight delays.
- Lighting Control System: used to light up the runway in order for it to be visible from aircraft.

In terms of locations, the instruments are distributed in different places. In Figure 16 it is possible to see them distributed principally by workstations, which in this case coincides with the consoles highlighted in different colors, with the exceptions of Doppler Radar, Meteorological Radar and PC Gate, located in the columns of the cabin. Moreover, almost all of the instruments can be found close to windows, with the exception of the Tower position, which can be seen to be affected by contrasts caused by sunlight (Figure 17).

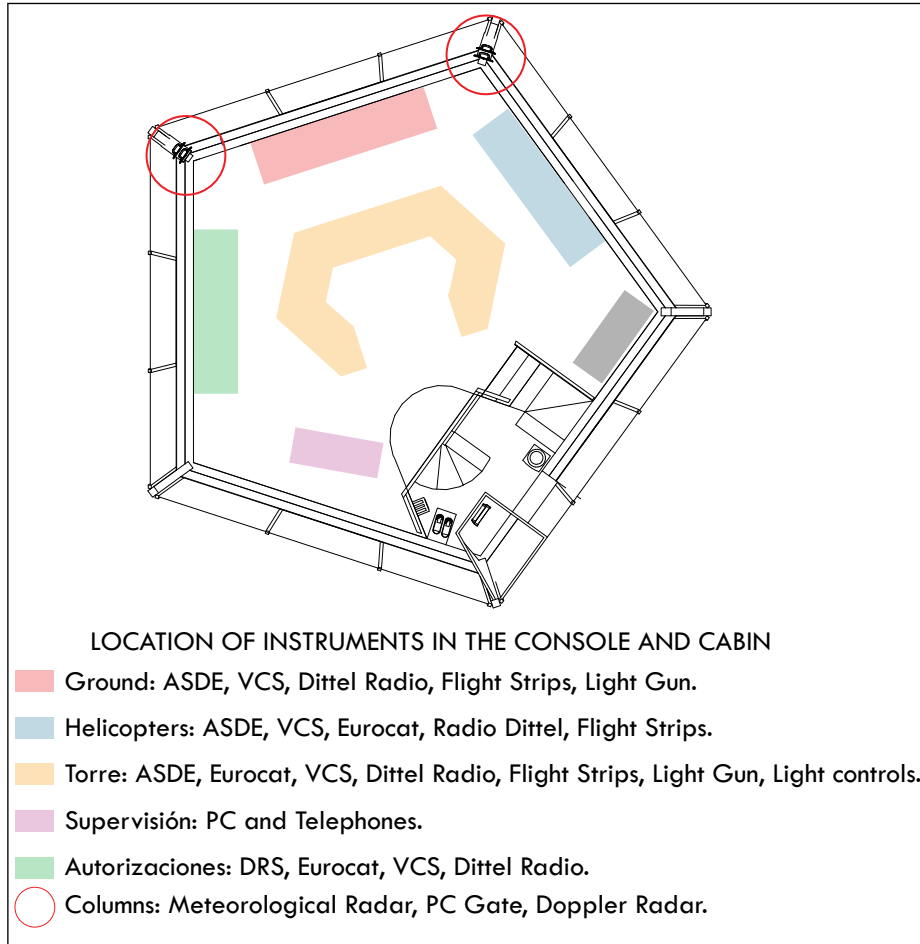


Figure 16: Distribution of instrumentation in the ATCT in MCIA.



Figure 17. Reflections on the ASDE screen.

4.3 Problems related to ATCT-SCI: Research tools applied in the field

This section describes three research tools that were useful in detecting problems relating to field of view, the general experience, and specific activities relating to the ATCT-SCI. These techniques are documented in video, images, plans, and software generated reports.

Analysis of the field of view

The purpose of this analysis is to determine which elements within the airport are visible from each workstation both from an upright and neutral position (sat in front of a console); and to determine whether these elements correspond to the jurisdiction of each Controller. This analysis was carried out using CATIA V5, a tool which facilitates modeling of spaces and the simulation of the human field of view, based on

mannequins that can be configured using anthropometric data.

Through this it was proven that the visual orientation of the workstations must correspond to the closest windows, as is the case of the Helicopters position. Additionally, it was discovered that certain elements within the cabin and the windows, such as columns and outlines mullions, represent visual obstacles in static positions in static positions, which coincide with many cases of Controller's neutral positions (Figure 18).

Figure 19 demonstrates that from the neutral Ground position, the columns impede the view of certain parts of the airport. Moreover, the Controller can mitigate these obstacles by changing position. The most recommendable scenario is that these do not exist or at the very least do not coincide with neutral positions.

This situation can be clearly seen in Figure

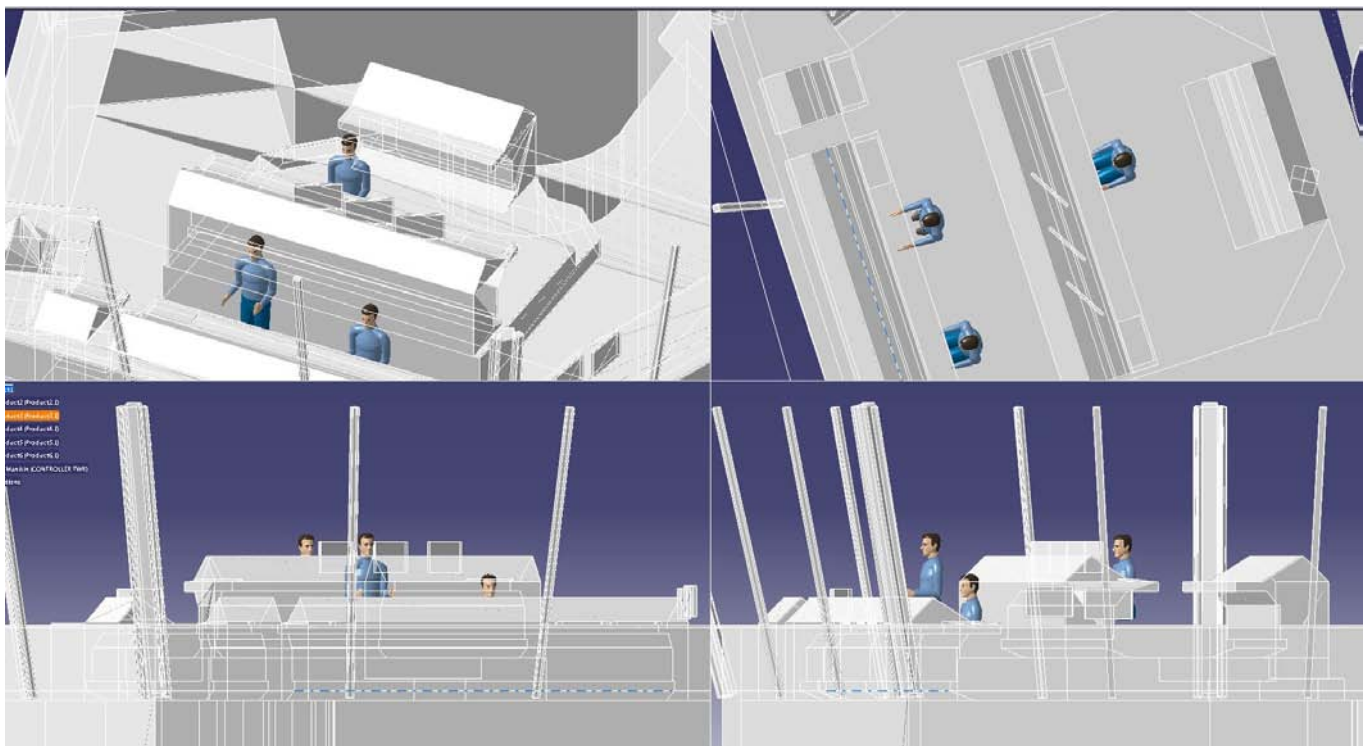


Figure 18: Modeling of the previous workstations in the ATCT in MCIA, using CATIA software.

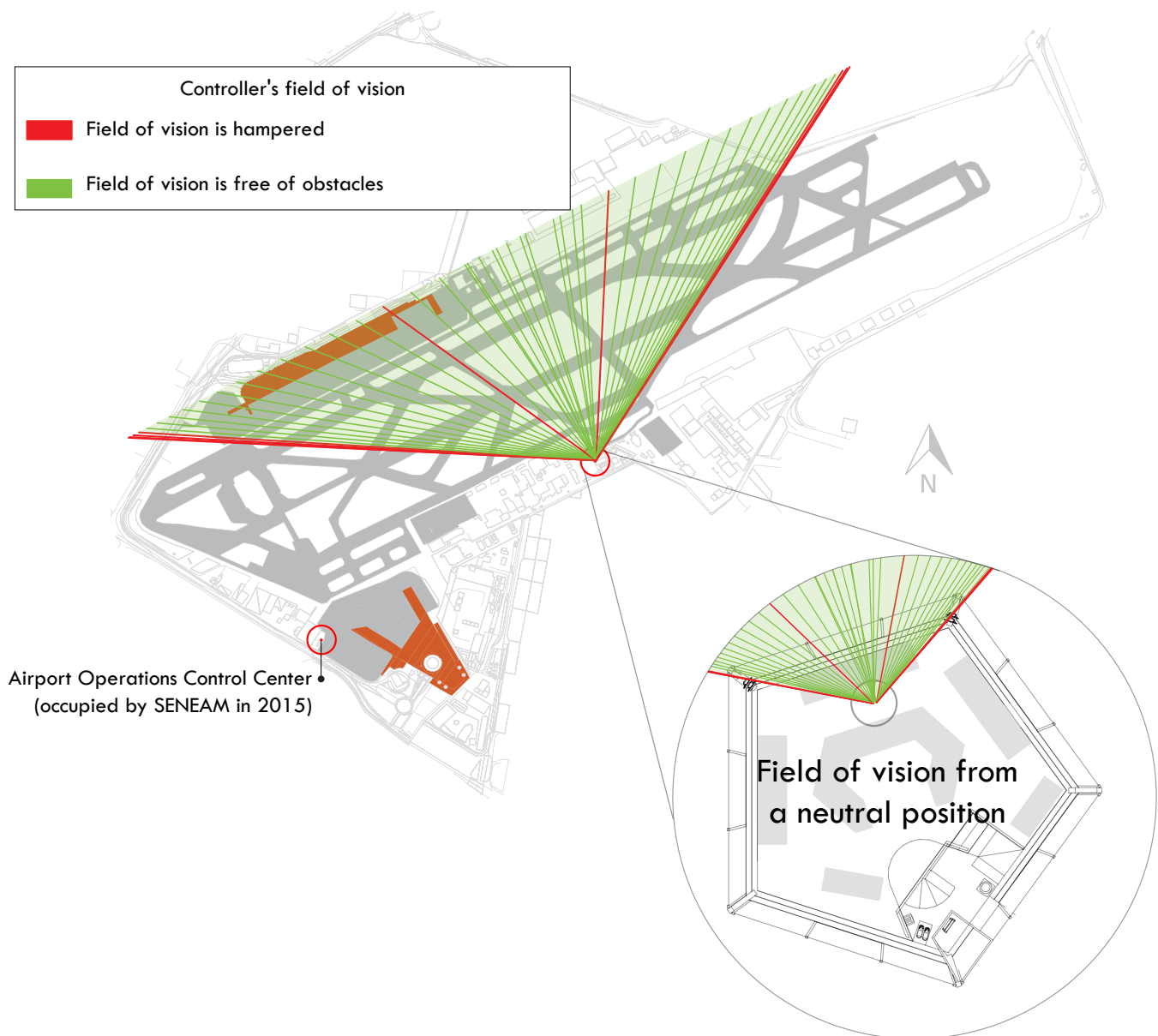


Figure 19: Field of view area with and without obstacles from a neutral position.

20, where the image shows an aircraft partially hidden behind a column.

Record of User's experience

The aim of this record is to document the Controller's experience of using their workstations. This is achieved by creating a diagram of each existing console and creating a space in which the Controller can describe their experience (Figure 21). Moreover, if necessary, they are

asked to draw or make corrections to the diagram. This technique was applied to six Controllers at each of their workstations, and following was discovered:

- Columns were identified as visual obstacles.
- The Controller's work area or their field of view are reduced due to some instruments and accessories, whose placement or dimensions are not practical. This is the case for mo-



Figure 20: Columns as a visual obstacle.

niters, clocks, and racks (Figure 22).

- Some consoles offer reduced space to accommodate all the Controllers at peak operative times.
- The ambient lighting is inadequate with res-

pect to its type and position for Controllers to carry out their work, particularly at night.

- The positioning of the speakers causes reverberation which makes it difficult for Controllers to hear clearly (figure 23).
- Certain mechanisms are difficult to use, such as the monitor's arms, which allow a limited range of movement; or the panel strips, which are impractical due to their instability – it is impossible to write on them; the strips fall and do not slide easily.

Participants' observations

Three Controllers were filmed while carrying out their daily activities at their workstations and were asked specific questions about their interactions with consoles, windows, cabin,

Nombre: [REDACTED]

Describe su experiencia en el uso de las consolas, puede hacer sugerencias de cambios en el diagrama (puede escribir detrás de la hoja)

El espacio en DRS para los teclados es limitado, a veces un poco difícil la escritura en los mismos. Los cables de los mouse son algo cortos y también se dificulta su uso, la ubicación de la posición está bien porque podemos ver de frente los apps a RWYS OS's, en RWYS 23 al contrario solo observamos desdoblados pero para la función de esta posición es relevante. En cuanto a espacio (lateral) es cómodo, a pesar de tener demasiados equipos se trabaja bastante bien.

Figure 21: Record of User's Experience.



Figure 22: Console Clock.



Figure 23: Console Speakers.

and lighting. These activities were carried out once the Controllers were used to being observed, with a view to them feeling at ease. Through this, it was possible to gain specific testimony on the following:

- Type and quantity of visual obstacles: this included monitors, columns, and other Controllers standing in front of their colleagues' workstations (Figure 24)
- Type and quantity of airport elements that can be seen to be causing a visual obstruction: especially including aprons in T1 and T2.
- The exchange of flight progress strips bet-

ween controllers strips is unpractical because it interrupts the Controller's visual tasks and attention.

- There are reflections from windows and work surfaces due to both natural and artificial light, which not only can disturb the Controller at their workstation, but also their colleagues.
- The limited size of standard screens prevents easy reading.
- The blinds on the windows are conducive to the modulation of natural light (Figure 25).

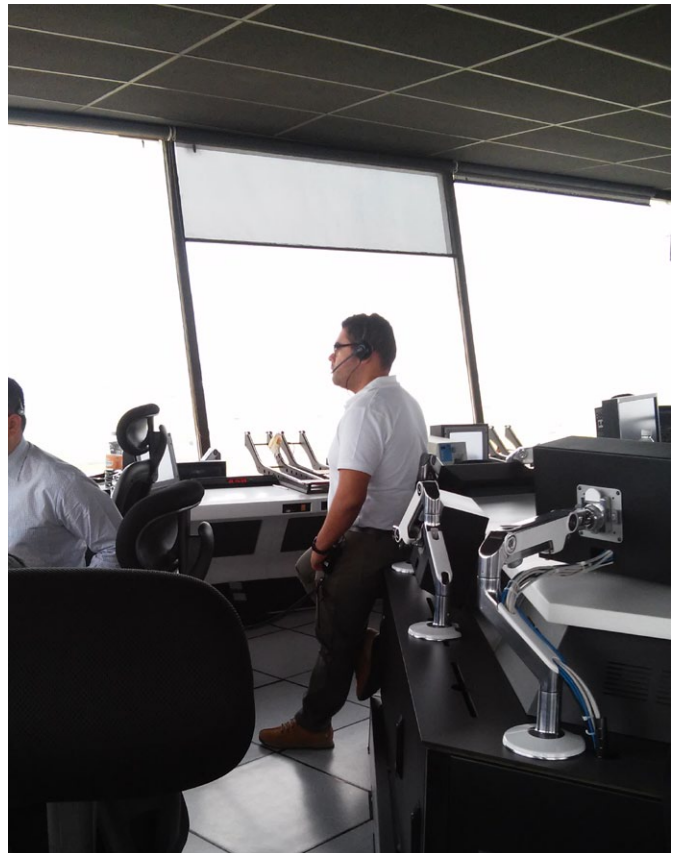


Figure 24: A standing Controller causes a visual obstacle for the other colleagues



Figure 25: The inefficiency of blinds.

4.4 Categorizing Component of ATCT-SCI

Following the ergonomic fieldwork, it was determined that the consoles, windows, cabin, and lighting are elements which make up the ATCT-SCI for the following reasons:

- They are components which make up the space within an Air Traffic Control Tower;
- They are part of the Controller’s workstations;
- They serve to facilitate, assist, or support their

communicative work.

- In order to fulfill their function, their design must correspond to the layout of the airport, maximum operational capacity, field of view, the neutral position, and the Controller’s specific work activities.

Insofar as the general functions of each component of the ATCT-SCI, the following was discovered: the windows serve to provide visual information about airport and meteorological patterns; the cabin, to visually align the workstations towards their areas of jurisdiction; the console, to provide required instruments; and lighting, as the manipulation of a physical agent (light) in order to make visible objects that provide information related to the Controller’s communicative work. In this sense, the ATCT-SCI allows the flow of information between the Controller and different elements or people related to Air Traffic Control (Figure 18).

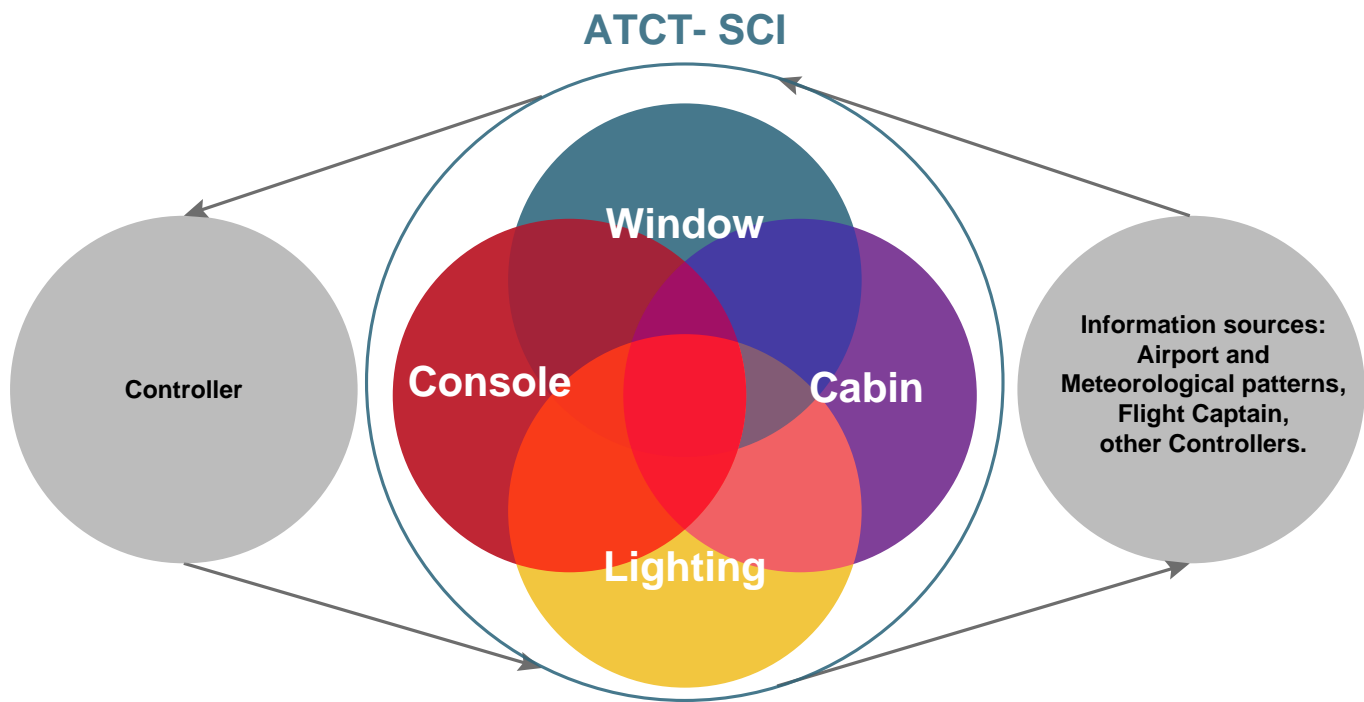


Figure 26: ATCT-SCI as an Interactive System.

However, the definition and specific description of the consoles, windows, cabin, and lighting are necessary to determine their Usability attributes.

4.5 Cabin

According to the information obtained during fieldwork and the FAA definitions, it is possible to deduce that the console is an element which makes up the ATCT-SCI and serves to integrate and delimit the workstations where the Controllers work, as well as visually aligning them with their areas of jurisdiction and the *shared* VDT.

In order to determine how easy a cabin is to use, the Usability variables are contextualized according to the attributes of that space, as well as the Controller's skills and communicative tasks:

- Effectiveness: visual alignment correctly orientated towards areas of jurisdiction and the visual displays (VDT) based on the form and distribution of the workstations and the elements within the cabin; in such a way as the Controller can perceive (observe) and, therefore, be conscious of the meteorological and airport statuses, depending on their labor responsibilities.

- Efficiency: the correct location and dimensioning for the functional groups and their accessories so that group work, viewing of the VDT and the observation of the area of jurisdiction can be done without additional effort: i.e. without affecting concentration or unnecessarily increasing their cognitive load.

The contextualization of said variables is a result of the analysis of information gained from the Controllers' testimonies, the theoretical basis, and the fieldwork carried out in ATCT-SCI, represented in Tables 2 and 3. The controller's testimonies talk about communicative tasks, Controllers' abilities and spatial qualities; and the problems surrounding them.

Taking this into account, it is possible to deduce that in order for a cabin to have ease of use, it must facilitate the observation of the area of jurisdiction and the shared VDT in such a way that the information can be detected with ease, readability, and without visual obstacles. Moreover, the cabin should allow the interoperability, i.e. that the Controller should be able to carry out simultaneous tasks without interrupting operations.



CABIN	Usability Variables	Effectiveness			
	Spatial Qualities	Form, distribution, alignment	Form, distribution, alignment	Form, distribution, alignment	Distribution
	Controller's abilities involved	Perception, Situational Awareness	Perception, Situational Awareness	Perception	Perception, Situational Awareness
	Communicative Task	Jurisdiction Area Observation	Jurisdiction Area Observation	Jurisdiction Area Observation	Jurisdiction Area Observation
	Research Instrument	Participant Observation	Record of User's Experience	Record of User's Experience	Participant Observation
	Issues	Visual misalignment with jurisdiction area	Visual Obstacles	None	Visual Obstacles
	Interpretation	Controllers frequently must change positions to observe their jurisdiction are.	The workstation can not be visually aligned with the jurisdiction area due to column location	Controller's responsibility in this position does not include jurisdiction area observation. However, runways and aprons are visible.	There are blind spots in MCIA, like those related to circular aprons, and there are also visual obstacles inside the cabin.
	Testimony	<i>"-I understand that in the previous cabin design you had to lean to observe taxiways -Well, when we were seating we did"</i>	<i>"The columns cover in every moment 4 to 5 terminal gates (from Ground position)"</i>	<i>"The location of the position is good because we can see aprons from Rwy 05's to Rwy 23, we only observe departures but this function is not relevant in this position"</i>	<i>There are blind spots like these (columns)... there are positions that can not be seen, which are under our jurisdiction, that is why CCTV could be useful, in circular aprons we can not see anything"</i>

Table 2: Checklist of information needed to contextualize Cabin Effectiveness.

CABIN	Usability Variables	Efficiency		
	Spatial Qualities	Dimension	Dimension	Distribution
	Controller's abilities involved	Perception, Cognitive Load	Perception, Cognitive Load, Attention	Perception, Cognitive Load, Attention
	Communicative Task	VDT lecture	Jurisdiction Area Observation	Jurisdiction Area Observation
	Research Instrument	Participant Observation	Participant Observation	Participant Observation
	Issues	Overstrain in VDT lecture	Operation interruption	Operation interruption
	Interpretation	PC Gate and Doppler Radar screens are too small to read them from each position.	The scaffold is useful when workstations are aligned in front of each other. However, the scaffold's height is not enough for this purpose.	Ground position Controllers must exchange flight strips with Air Control Position Controllers, which interrupts their visual tasks.
	Testimony	<i>"in my opinion it would have been convenient to put bigger screens because we use them so much"</i>	<i>"The difference between them and us (Ground and Air Control Positions) was bigger... the step was higher, if a step up, I cover their view"</i>	<i>"Exchanging flight strips at the same time we are watching our jurisdiction areas... (we should) focus only in observing"</i>

Table 3: Checklist of information needed to contextualize Cabin Efficiency.

4.6 Windows

According to the results of the fieldwork, particularly those of the field of view analysis, it is possible to deduce that the window is an element of the ATCT-SCI whose function is to monitor airport and meteorological patterns analogically: i.e. only requiring the Controller to look through it using natural light.

In order to determine how easy the window is to use, the Usability variables are contextualized depending on the spatial qualities, as well as the Controller's skills and communicative tasks:

- Effectiveness: the appropriate positioning of the window in such a way that the form, distribution, and dimensions of its elements do not create a visual obstruction and therefore,



inhibit the Controller's awareness of the conditions in the airport.

- Efficiency: the adequate provisioning of mechanisms needed to regulate natural light in such a way that direct sunlight does not enter the Controller's vision which could distract or tire them.

The contextualization of said variables is a result of the analysis of information gained from the Controller's testimonies, the theoretical basis, and the fieldwork carried out in ATCT-SCI, represented in Table 4.

WINDOW	Usability Variables	Effectiveness	Efficiency
	Spatial Qualities	Form, distribution, dimension	Mechanisms
	Controller's abilities involved	Perception, Situational Awareness	Perception, Cognitive Load, Attention
	Communicative Task	Jurisdiction Area Observation	Jurisdiction Area Observation
	Research Instrument	Field of View Analysis	Participant Observation
	Issues	Window mullions are visual obstacles	Direct Solar Radiation
	Interpretation	None	Window blinds are inefficient
	Testimony	None	<i>"The blinds are such a hassle, the sun bothers you"</i>

Table 4: Checklist of information needed to contextualize Window Effectiveness and Efficiency.

4.7 Console

According to the records of user's experience, it is possible to deduce that the console is an element of the ATCT-SCI whose function is to allow access to information installed within it. Moreover, some of the instruments allow the Controller to communicate instructions.

In order to determine how easy the console is to use, the Usability variables are contextualized depending on the spatial qualities, as well as the Controller's skills and communicative tasks:

- Effectiveness: access to information and communication as a result of the adequate form, distribution, and dimension of the workspace, as well as the instruments contained within it.
- Efficiency: easy reading of VDT, oral communication, observation of the area of jurisdiction, as well as the access and manipulation of information depending on the instrument distribution and mechanisms, depending on the Controller's work requirements.

The contextualization of said variables is a result of the analysis of information gained from the Controller's testimonies, the theoretical basis, and the fieldwork carried out in ATCT-SCI, represented in Tables 5 and 6.

Taking this into account, it is possible to deduce that the console provides the necessary means for information to be available and readable, depending on the Controller's work requirements.

CONSOLE	Usability Variables	Effectiveness	
	Spatial Qualities	Form, distribution, dimension	Form, distribution, dimension
	Controller's abilities involved	Perception, Situational Awareness	Perception, Attention, Cognitive Load
	Communicative Task	Information accessibility, communication	Information accessibility
	Research Instrument	Record of User's Experience	Record of User's Experience
	Issues	Lack of working space	Lack of working space and oversized elements
	Interpretation	There is not enough room for controllers to work with comfort in maximum capacity	Certain console elements are unnecessary large and reduce working space.
	Testimony	"The hexagonal configuration (Air Control Position) makes space so reduced, that 2 controllers work with difficulties, and makes almost impossible for 3 controllers to work.	"The clock housing is too big which makes working space too small for the flight strips panel location, which we need for operational needs"

Table 5: Checklist of information needed to contextualize Console Effectiveness.

CONSOLE	Usability Variables	Efficiency					
	Spatial Qualities	Mechanisms	Mechanisms	Mechanism distribution	Mechanism distribution	Mechanisms	Mechanisms
	Controller's abilities involved	Perception, Attention, Cognitive Load	Perception, Attention, Cognitive Load	Perception, Attention, Cognitive Load	Perception, Attention, Cognitive Load	Perception, Attention, Cognitive Load	Perception, Attention, Cognitive Load
	Communicative Task	VDT Lecture	VDT Lecture	Oral Communication	Oral Communication	Information Accessibility and Manipulation	Information Accessibility and Manipulation, Jurisdiction Area Observation
	Research Instrument	Participant Observation	Record of User's Experience	Record of User's Experience	Record of User's Experience	Record of User's Experience	Record of User's Experience
	Issues	Inadaptability	Inadaptability	Sound quality	Sound quality	Usability	Lack of working space and oversized elements
	Interpretation	VDT won't offer an effective motion range	Los brazos de los VDT no ofrecen un rango de inclinación eficiente	La disposición de la bocina provoca reverberación	Jacks disposition makes them vulnerable to damage	El panel de tiras exige esfuerzo adicional para operarse porque no es fácil de usar	Cabinets and VDT reduce visibility
	Testimony	<i>"The screen arms won't provide a functional motion range, the cables limit movement"</i>	<i>"Frequentis vertical position is strongly vertical, and it is desirable to have them at an angle of 30 degrees"</i>	<i>"Speaker positions cause reverberation which makes communication incomprehensible, and makes us to rise sound volume"</i>	<i>"Jack connections are located in such way that when we move in our chairs, we damage them, and that risks radio communication"</i>	<i>"Flight strip panels move while we write over them and strips fall, which causes flight sequence loss. Strips do not slide appropriately"</i>	<i>"Rack cabinets are too large, VDT arms and housings disturb and obstruct visibility"</i>

Table 6: Checklist of information needed to contextualize Console Efficiency.

4.8 Lighting Mechanisms

According to the results of the fieldwork, it is possible to deduce that the lighting mechanisms are elements of the ATCT-SCI whose function is to give visibility to objects that provide information related to Controller's communicative work, and to manipulate natural and artificial light, depending on the Controller's needs.

In order to determine how easy lighting mechanism are to use, the Usability variables are

contextualized depending on the spatial qualities, as well as the Controller's skills and communicative tasks:

- Efficiency: the adequate provisioning of mechanisms to regulate the natural lighting in such a way that stray sunlight does not enter the Controller's vision which could distract or tire them.

The contextualization of said variables is a

LIGHTING MECHANISMS	Usability Variables	Efficiency			
	Spatial Qualities	Mechanisms	Lighting Fixtures and Mechanisms	Lighting Fixture and Mechanism distribution	Lighting Fixture and Mechanism distribution
	Controller's abilities involved	Perception, Cognitive Load	Perception, Cognitive Load	None	Perception, Cognitive Load
	Communicative Task	Jurisdiction Area Observation	Information Accessibility and Manipulation	None	None
	Research Instrument	Participant Observation	Record of User's Experience	Record of User's Experience	Participant Observation
	Issues	Glare	<u>Shadows</u>	Shadows	Glare
	Interpretation	There is light reflection caused by windows	Artificial lighting is not enough	Artificial lighting is ineffective	Lampshades are inefficient
	Testimony	<i>"I see that windows reflect light, does that bother you? -It does not bother me in particular, I have sunglasses"</i>	<i>"There is not adequate lighting in workspace; it is difficult to work at nights"</i>	<i>"LED lighting in console is wrongly located"</i>	<i>"Those lamps... they even bother the supervisor"</i>

Table 7: Checklist of information needed to contextualize the Efficiency of Lighting Mechanism.



result of the analysis of information gained from the Controller's profile, the theoretical basis, and the fieldwork carried out in ATCT-SCI, represented in Table 7.

Taking this into account, it is possible to deduce that the window provides the necessary means for information to be available and readable.



Picture: MCIA ATCT. <http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n3655173.htm>.

Chapter 5

Diagnostic Tool Proposal

The characterization of the ATCTs and their workstations as an SCI serves to determine Usability variables which describe how they facilitate or support Controller's communicative work. Moreover, it facilitates the understanding of its effects on work performance, which can help avoid the Controllers continuing to work around the design flaws as part of their job duties. However, it is possible to facilitate the understanding of said effect even further using a rapid diagnostic tool.

It is for this reason that this chapter presents the following proposal: Rapid Diagnostic

Tool for Communicative Design of Controller's workstations in Air Traffic Control. This provides a Performance Index for Consoles, Windows, Cabin and Lighting, whose purpose is to facilitate the understanding of Spatial Communicative effectiveness and efficiency in the ATCT-SCI.

The purpose of said instrument is to locate problems related to the design of the ATCT-SCI in such a way as to optimize and direct ergonomic research of Controller's workstations. Its use is recommended for designers, architects, engineers, Controllers, and all other professionals involved with ATCT design.

5.1 Systemazing Usability variables in sections of the Instrument

In order to configure the Usability variables in the instrument based on those found during field-work, the following was considered (Tables 8 and 9):

- It is impossible to differentiate between efficiency and effectiveness variables because processes are not evaluated per se, rather, basic communicative activities (such as viewing, talking, etc)
- The “form” and “alignment” variables cannot be mapped to the instrument, since they are too specific. These variables will be merged or translated into others.
- The variables which deal with mechanism types were identified as: adaptability, functionality, and use of mechanisms.
- Light sources cannot be evaluated since they can vary between each ATCT, therefor what will be evaluated are the elements which require lighting or which can reflect light, such as work surfaces.
- Variables related to sound intensity or acoustics were integrated
- The following were integrated into sections “visual obstacles”, “operational continuity” and “simultaneous visuals”.

CABIN			CONSOLE		
Effectiveness	Efficiency	Instrument	Effectiveness	Efficiency	Instrument
Form	Dimension	VDT Lecture	Form	Mechanisms	Dimensions
Distribution	Distribution	Dimension	Distribution	Mechanism Distribution	Distribution
Alignment		Form	Dimension		Sound Intensity
		Distribution			Simultaneous Views
		VDT Adaptability			Instrument Adaptability
		Acoustics			Instrument Use
		Operation Continuity			VDT Adaptability
					VDT Functionality

Table 8: Systematizing Cabin and Console Usability Variables in the Instrument.



LIGHTING		WINDOW		
Efficiency	Instrument	Effectiveness	Efficiency	Instrument
Mechanisms	Workspace	Form	Mechanisms	Mechanisms
Lighting Fixtures	VDT in general	Distribution		Visual Clarity
Distribution	Windows	Alignment		Visual Obstacles

Table 9: Systematizing Window and Lighting Usability Variables in the Instrument.

5.2 Diagnostic Instrument Content

The instrument presents a cover page, which has spaces for writing the ATCT, airport and researcher name. Its content is divided into nine parts, where some are marked by points or numbers. In the initial parts, it is provided information about the instrument and its content. In latter parts general ATCT data is inquired which does not affect the Performance Index. Then, parts 1-4 inquire ATCT data, which will help to calculate the Index of Performance. Said parts (1-4) are divided into sections which speak about specific attributes which make up the ATCT-SCI (Table 10).

Table 10 lists all of the components which make up the Diagnostic Instrument. “Utility segments”, “Content and General Instructions”, “List of Definitions and Abbreviations”, and “List of Recommendations”, appear in the annexes at the end of this document. It is advisable to consult these definitions in order to gain a better understanding of the instrument.

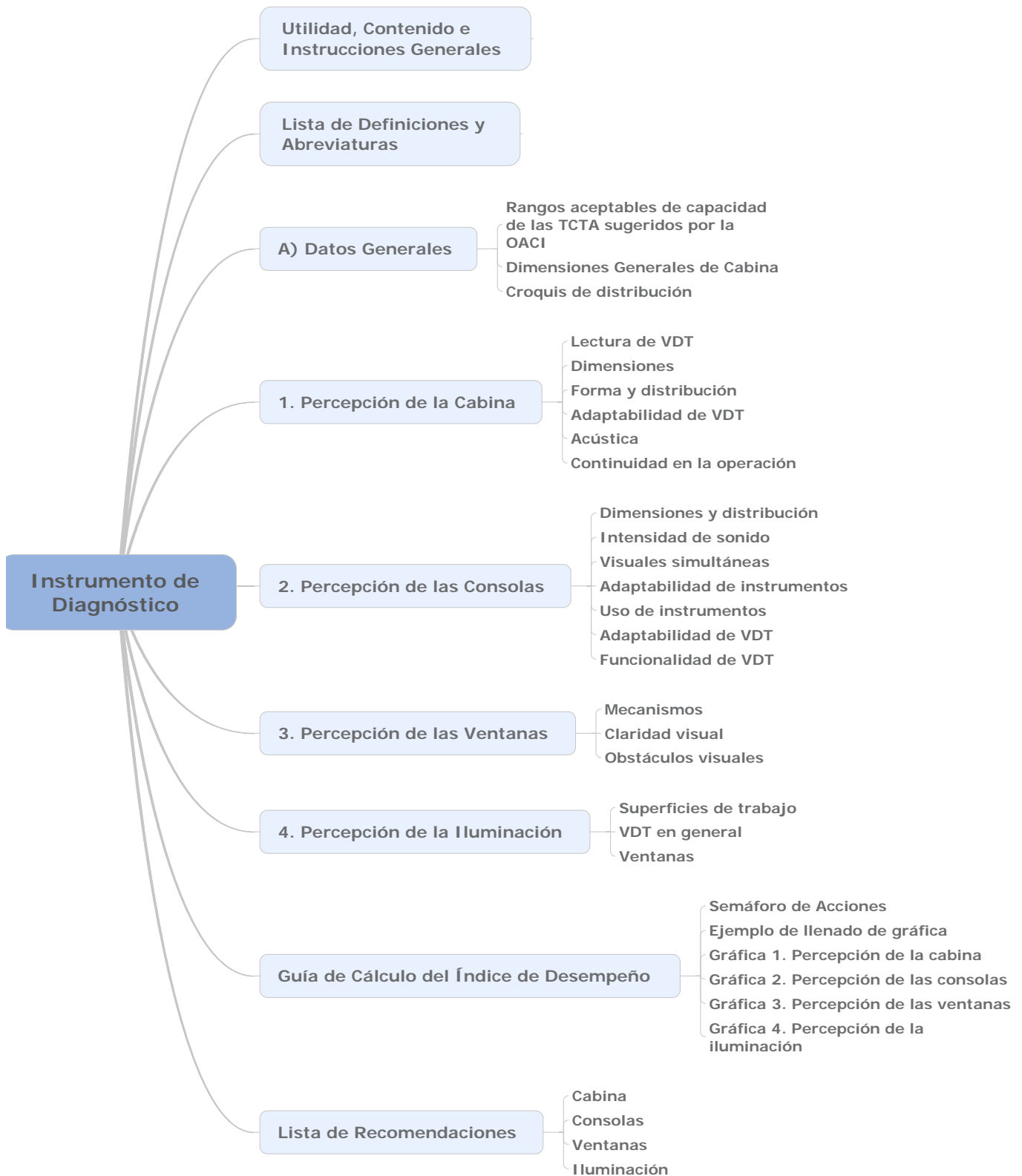


Table 10: Diagnostic Instrument Structure.



5.3 General Data

The purpose of this section is to provide a view of the cabin dimensions of the ATCT at question, in order to determine if it complies with the ranges suggested by the ICAO which are dependent on the Tower's capacity, expressed as a function of the number of Controllers or workstations at their maximum operating capacity.

In order to fill the form out, it is necessary to divide the Useable Cabin Area by the Maximum Number of Workstations in order to calculate the Maximum Workspace Area. This final piece of data needs to be compared with the table "Acceptable Ranges of Air Traffic Control Tower capacities suggested by the International Civil Aviation Authority (Annex 14)" (Figure 27).

Moreover, it provides additional space to enter particular observations which the evaluator can fill in. These observations can be related to the application conditions or additional information about cabin dimensions.

Finally, a space is provided to draw a sketch of console layout in the cabin (Figure 28), where a key is suggested to standardize objects. This sketch needs to be included in section "2 Console perception", which needs to be repeated for each console.

DATOS GENERALES			
Instrucciones: Llene los datos que se solicitan. Para obtener el Área Máxima de Estación de Trabajo, divida el Área Útil de Cabina entre el Número Máximo de Estaciones de Trabajo. Compare el resultado con la siguiente tabla para determinar si las dimensiones de las estaciones y cabina de la Torre de Control del Tráfico Aéreo quedan dentro de los rangos aceptables.			
RANGOS ACEPTABLES DE CAPACIDAD DE LAS TORRES DE CONTROL SUGERIDOS POR LA ORGANIZACIÓN DE AVIACIÓN CIVIL INTERNACIONAL (ANEXO 14)			
CANTIDAD DE CTA O DE ESTACIONES DE TRABAJO	0-6 CTA	6-12 CTA	+12 CTA
ÁREA ÚTIL DE CABINA	0-21 m ²	21-50 m ²	+50 m ²
ÁREA DE ESTACIÓN DE TRABAJO	0-3.5 m ²	3.5-4.16 m ²	+4.16 m ²
DIMENSIONES GENERALES DE CABINA	i. Área Útil de Cabina (m ²)	<input type="text"/>	
	ii. Número Máximo de Estaciones de Trabajo	<input type="text"/>	
	iii. Área Máxima de Estación de Trabajo (m ²)	<input type="text"/>	
	iv. ¿Cumplen las dimensiones con los rangos sugeridos por la OACI?	Sí (Aceptable) <input type="checkbox"/> No (Inaceptable) <input type="checkbox"/>	
OBSERVACIONES: _____			

Figure 27: Diagnostic Instrument "Part A) General Data".

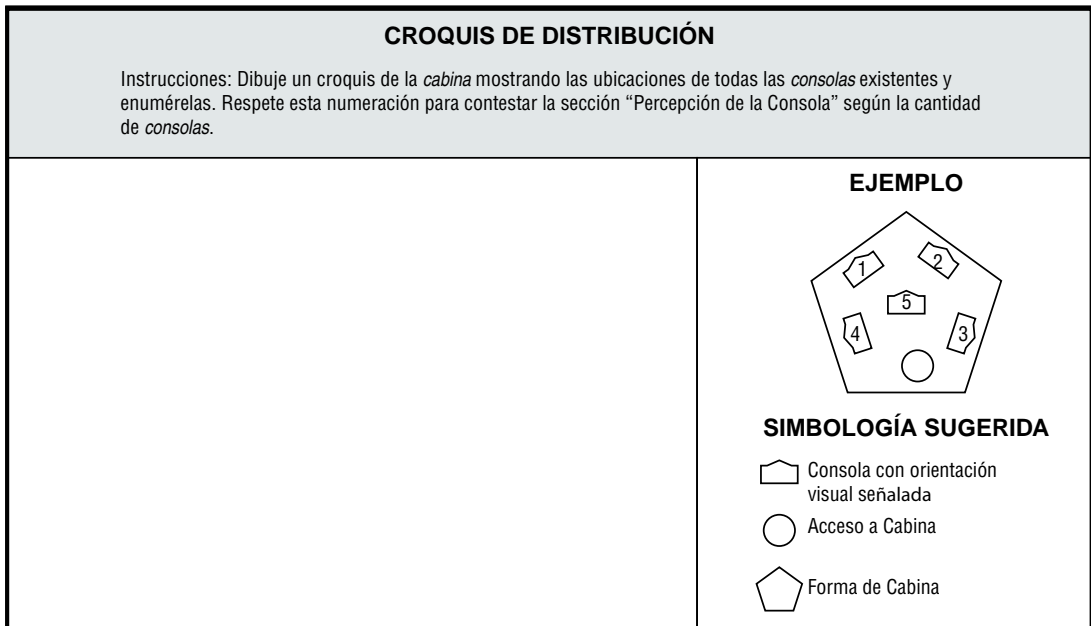


Figure 28: Layout sketch in "1. Cabin Perception" in the Diagnostic Instrument.

5.4 Cabin Perception

This section contains elements divided by sections which describe specific Cabin attributes. Said elements consist of closed questions, which must be answered according using the options in a Likert-type scale; or statements, which must be positive or negative. Moreover, for each element, there is a check-box "Non-Applicable" (N/A) which must be checked when the element does not correspond to the Cabin (Figure 29).

Similarly, the instrument contains a blank space in each section for observations relation to evaluation conditions or specific elements which are relevant to that section.

PERCEPCIÓN DE LA CABINA								
<p>Instrucciones: Basado en su observación desde la <i>posición neutral</i> en cada <i>estación de trabajo</i>, marque con una X las opciones que mejor describan su percepción de la <i>cabina</i>. En caso de que el reactivo no aplique, elija "N/A". Para contestar, tome en cuenta las tareas propias del CTA y la <i>máxima capacidad de uso</i>; y descarte los <i>VDT de Uso Local</i>.</p> <p>NOTA: Deje los espacios de EVALUACIÓN en blanco hasta que haya terminado de contestar todo el instrumento.</p>								
		N/A	Todas (100)	Muchas (75)	Algunas (50)	Pocas (25)	Ninguna (0)	EVALUACIÓN
1	1. ¿Desde cuántas <i>estaciones de trabajo</i> los <i>VDT</i> son observables?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figure 29: Cabin Perception in the Diagnostic Instrument.

5.5 Console Perception

This section contains elements which are the same as part 1. The only difference is that this section needs to be filled out depending on how many consoles there are: if there are two consoles, this part needs to be filled in twice, etcetera.

Figure 30 demonstrates the space in which the number of the console needs to be entered.

2 PERCEPCIÓN DE LAS CONSOLAS (CONSOLA # _____)					
<p>Instrucciones: Basado en su observación desde la <i>posición neutral</i> en cada <i>consola</i>, marque con una X las opciones que mejor describan su percepción. En caso de que el reactivo no aplique, responda "N/A". Para contestar, tome en cuenta las tareas propias del CTA y la <i>máxima capacidad de uso</i>; y descarte los <i>instrumentos de uso común</i>.</p> <p>NOTA: La sección 2 se repetirá de acuerdo al número de consolas existentes en <i>cabina</i>. Escriba en el título de esta sección el número de <i>consola</i> a calificar según el croquis dibujado en la sección 1. Deje los espacios de EVALUACIÓN en blanco hasta que haya terminado de contestar todo el instrumento.</p>					
		N/A	Sí (100)	No (0)	EVALUACIÓN
	18. La <i>consola</i> provee espacio para albergar sus componentes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
	19. El espacio de la <i>consola</i> permite una operación cómoda	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>

Figure 30: 2. Console Perception in the Diagnostic Instrument.

5.6 Window and Lighting Perception

This section, which is made up of two parts, has the same structure as part 1.

5.7 Guide to the Calculation of The Performance Index

This section explains how to calculate the Performance Index, which is the aggregate of the percentages obtained in each part of the instrument, classified in parts (Cabin Perception, Consoles, Windows, and Lighting), related to the levels of actions, represented in graphics and associated with specific research actions. The process begins with filling in the spaces found in parts 1 to 4 of “Evaluation”, the graphical representation, and reviewing the “List of Recommended Actions”. Thus the instructions for calculating the index are:

- A) To calculate the Performance Index, it is necessary to do the following in each section:
 1. Add the indicated values for each element. Write down the sum in the box labelled “SUM” (Figure 31).
 2. Divide the sum by the number of elements which were answered “n” without counting the N/A elements. Write down the result as a percentage in the box labelled “%” (Figure 31).
 3. Compare the percentage with the Actions Traffic Lights (Figure 32) and write down the correspon-

ding color in the box labelled “C”.

4. Locate the percentage in the relevant graphic, according to the corresponding part and section. Refer to the Graph Filling Example (Figure 33).
5. Consult the List of Recommended Actions to mitigate possible design problems.

The Actions Traffic Light illustrated in Figure 32 indicate the level of changes and of research needed, except for the case of scores between 90% and 100% which are considered to be acceptable. One the level of changes and research coincide, it is necessary to consult the List of Recommended Actions at the end of the Instrument, which indicates which aspects needs to be researched for each part and section.

N/A	Todas (100)	Muchas (75)	Algunas (50)	Pocas (25)	Ninguna (0)	EVALUACIÓN
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
						+
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
						=
						SUM:
						÷
						n:
						=
						%:
						=
						C:

Figure 31: Likert-type scale with scores in brackets and spaces for evaluation purposes.



SEMÁFORO DE ACCIONES

VERDE:
Aceptable
(90-100%)

AMARILLO:
Cuando sea posible
(75-89.9%)

NARANJA:
A mediano plazo
(50-74.9%)

ROJO:
A corto plazo
(25-49.9%)

MORADO:
Inmediatamente
(0-24.9%)

Investigar más y cambiar:

Figura 32: Actions Traffic Lights.

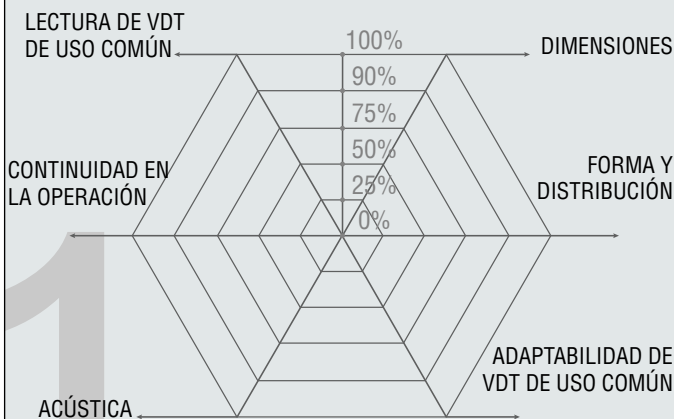
EJEMPLO DE LLENADO DE GRÁFICA

A continuación se muestran gráficas para cada parte del instrumento (*1-Cabina, 2-Consolas, 3-Ventanas, 4-Iluminación*). Para llenar cada gráfica es necesario ubicar los porcentajes obtenidos en los espacios indicados y señalar con puntos sus respectivos ejes. Una los puntos con líneas. Conteste en el sentido de las manecillas del reloj como se sugiere en el ejemplo de llenado de gráfica.

NOTA: En la gráfica de la consola, promedie los porcentajes de todas las consolas.



PERCEPCIÓN DE LA CABINA



PERCEPCIÓN DE LAS CONSOLAS (CONSIDERE EL PROMEDIO DE TODAS)

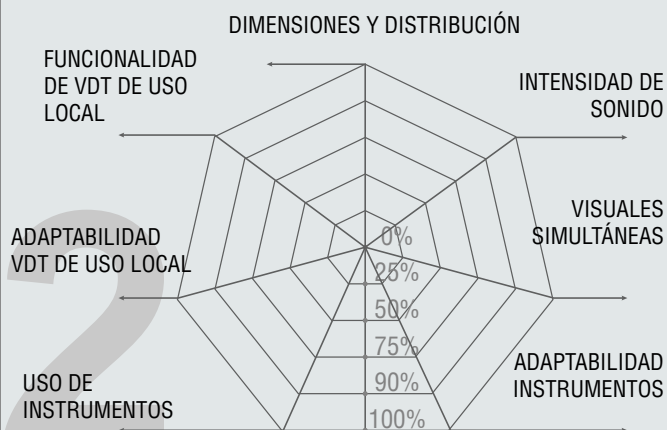
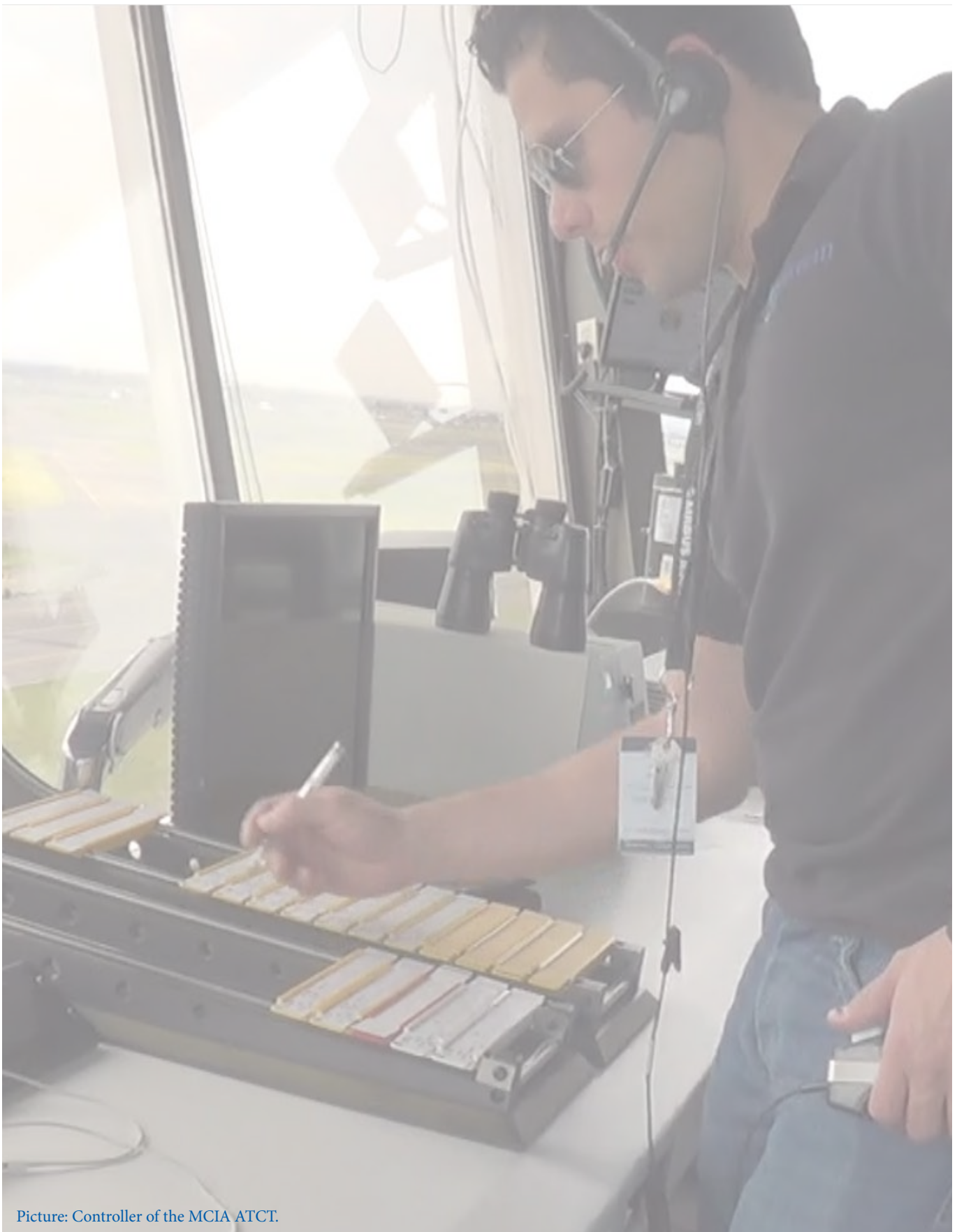


Figure 33: Graph Filling Examples and Graphs.



Picture: Controller of the MCIA ATCT.

Chapter 6

Performance Index of ATCT in MCIA

The Rapid Diagnosis Instrument of the Communicative Design of Controller Workstations in Control Towers may be used to find problems related to the design of the Controllers' workstations, which consist of windows, consoles, lighting mechanisms and a cabin. Said instrument provides an Index of Performance, which describes the spatial and communicative efficiency and effectiveness; and allows a comparison between diverse application moments or different ATCT-SCI performances.

However, in order to determine the value of the instrument it is necessary to apply it to the ATCT in MCIA in such a way as to compare the resulting index with the findings following the fieldwork. This will serve to find concordances between the detected problems through the research tool and the recommended actions by the same instrument.

It is for this reason that this chapter contains the results which were obtained by the instrument which was applied to the ATCT in MCIA, where a great level of concordance was found.

6.1 General Data

With regards to the general dimensions of the cabin, they were found to be within the acceptable ranges suggested by the ICAO (1997) (Figure 34). However, the cabin continues to be perceived

to be too small to house all of the Controller's workstations. The most direct explanations to this came from perceptions of the cabin.

DIMENSIONES GENERALES DE CABINA	i. Área Útil de Cabina (m ²)	60.00
	ii. Número Máximo de Estaciones de Trabajo	12
	iii. Área Máxima de Estación de Trabajo (m ²)	5.00
	iv. ¿Cumplen las dimensiones con los rangos sugeridos por la OACI?	Sí (Aceptable) <input checked="" type="checkbox"/> No (Inaceptable) <input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES: _____		
Aun así el área de cabina sigue percibiéndose		
reducida en área		
CROQUIS DE DISTRIBUCIÓN		
Instrucciones: Dibuje un croquis de la <i>cabina</i> mostrando las ubicaciones de todas las <i>consolas</i> existentes y enumérelas. Respete esta numeración para contestar la sección "Percepción de la Consola" según la cantidad de <i>consolas</i> .		
	EJEMPLO 	SIMBOLOGÍA SUGERIDA

Figure 34: Part A) answers.

6.2 Cabin

The following observations were made with respect to the ATCT-SCI cabin in MCIA:

1. Difficulty in reading information on the VDT due to small monitor sizes.
2. Although the cabin dimensions are acceptable according to ICAO acceptable ranges, the space is perceived to be small because the consoles occupy a lot of space.
3. The columns cause a visual obstruction of Ground and Tower.
4. The PC Gate and Doppler Radar do not have mechanisms to modify their position or inclination.
5. The acoustics do not represent a challenge to the Controller's performance.
6. The Ground Controller's attention is frequently interrupted because they have to frequently change the flight progress strips with Tower Controllers. Moreover, Ground Controllers often have to interrupt their visual attention by directing them towards Tower

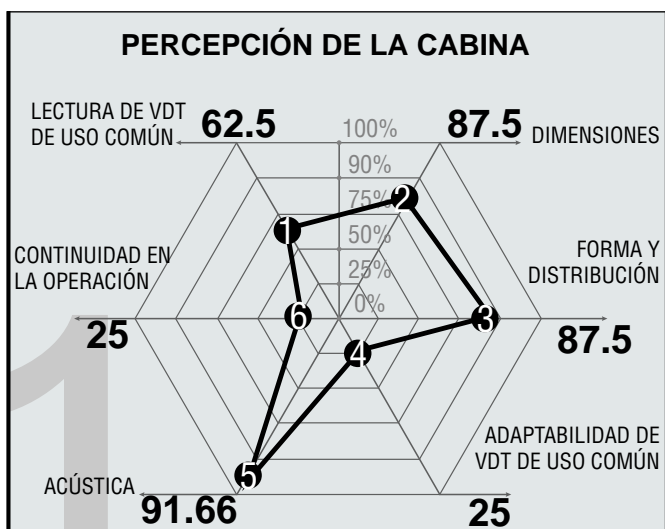


Figure 35: Cabin Performance in the ATCT-SCI in MCIA.

Controllers since they are often found standing.

This is congruent with the Controller's testimonies during fieldwork, especially in sections 1, 3, 5, and 6, which focus on VDT use, dimensions, cabin form and distribution, and operational continuity (Figure 35).

Within the additional findings, an explanation as to why the cabin is perceived to be small (Section 2) it due to the consoles occupying a large amount of space. This is evident if one is to compare a photograph of the previous cabin layout in 2015 (Figure 36 and 37). In Figure 36 it is possible to see that the console at the Tower position provides more space to the Controller than the new design (Figure 37) given that the hexagonal configuration had left over space. This situation is confirmed in the Controller's perceptions of the consoles.

With regards to section 4 (VDT adaptability), it was determined that since the VDTs are



Figure 36: Design of ATCT in MCIA before 2015. Source: SE-NEAM 3 Décadas (SCT, 2008)



Figure 37: Design of ATCT in MCIA after changes in 2015.

far from the Controller's reach, it would be useful to have mechanisms such as arms to allow the monitors to be easily lowered and make the required adjustments such as brightness, gyration, etc.

Finally, it is possible to deduce that the most urgent aspects within the cabin that need to be addressed are the VDT's size and adaptability; the location of Tower and Ground positions, which creates visual obstacles and interrupts the Controller's attention (operational continuity).

6.2 Consoles

The following was found after reviewing the Consoles:

- Given that the Authorizations console was not initially considered for DRS, it is very small.
- The Hexagonal configuration of the Tower position creates a limitation because it is difficult for more than 2 Controllers to work at this position.

- Some VDTs or instruments do not have a specifically assigned space, which makes their use uncomfortable.
- The strip racks and the clock negatively impact the distribution of the elements due to being too big.
- The Controllers share instruments and the

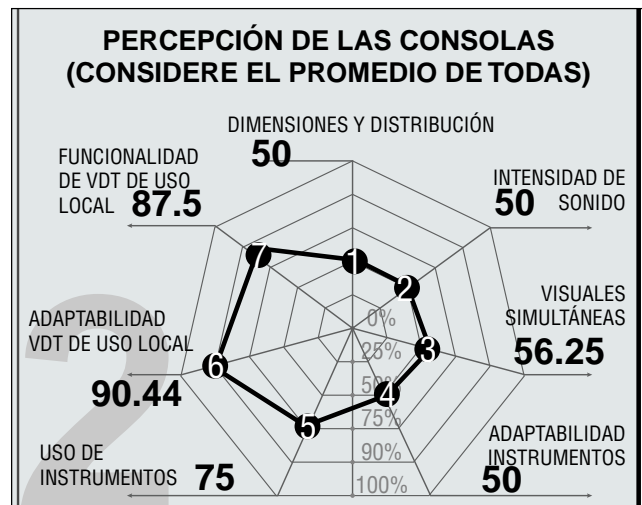


Figure 38: Cabin Performance in MCIA ATCT-SCI.

CONSOLE PERCEPTION							
Position	Dimension and Distribution	Sound Intensity	Simultaneous views	Instrumentation Adaptability	Instrumentation Use	Local Use VDT Adaptability	Local Use VDT Functionality
Flight Data and Clearance	0.0	50.0	-	50.0	87.5	81.3	83.3
Ground	66.7	50.0	75.0	50.0	62.5	93.8	66.7
Helicopters	66.7	50.0	75.0	50.0	87.5	93.8	100.0
Air Control	66.7	50.0	75.0	50.0	62.5	93.8	100.0
AVERAGE	50.0	50.0	75.0	50.0	75.0	90.6	87.5

Table 11: Classification of consoles by section.

VDT, whereas the ideal situation would be for them to have their own ones.

- The VDTs are extremely heavy relative to the arms, which means that they cannot be adjusted according to the Controller’s ideal position.

With regards to the each sections’ functions, Table 11 demonstrates that the best scoring sections are those related to VDT, whereas the worst scoring sections are related to speakers, dimensions, distribution and adaptability of instruments. One of the explanations for this is that the strip rack and the clock had a negative impact, reducing space and generally making it more difficult to work (Figure 39).

The results match squarely with observations made during the fieldwork. However, it was expected that the worst scoring console would be



Figure 39: Reduced space due to the clock and the strip rack in the Helicopter console.

Tower, given that there is not enough room for 3 Controllers to work there. Instead, the worst scoring console was Authorizations, given that the DRS was installed there without any prior planning (Figure 40).



Figure 40: Unplanned installation of DRS.

6.3 Windows

The following was found within the results obtained for consoles:

- The curtain mechanism cannot be reached, and therefore difficult to use.
- The profiles can be an obstacle if the Controller’s neutral position is aligned with them.

These results are consistent with what was found in the ergonomic evaluations and have a direct impact on perceptions of natural lighting.

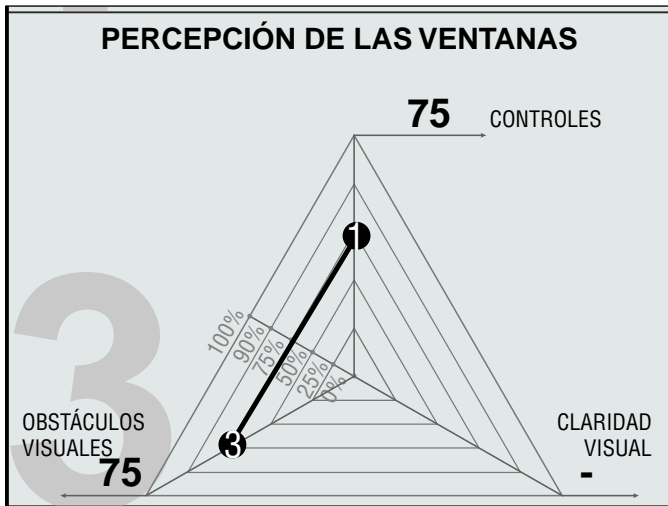


Figure 41: Cabin Performance of the ATCT-SCI in MCIA.

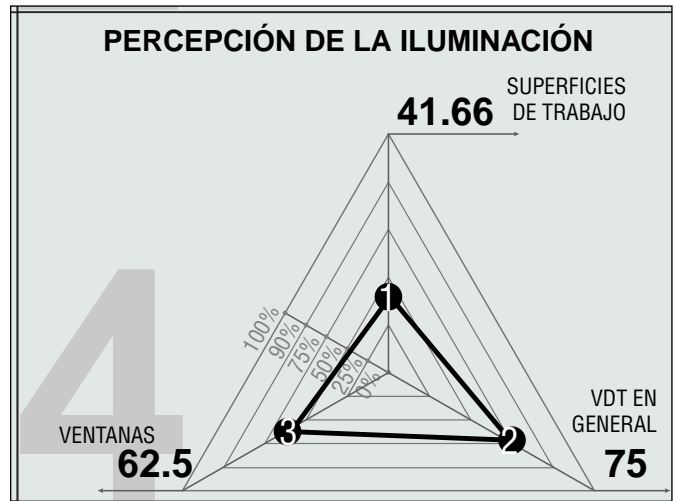


Figure 42: Lighting Performance of the ATCT-SCI in MCIA.

6.4 Lighting

The following was found within the results obtained for lighting (natural and artificial):

- Artificial lighting is poor because it creates shadows and glare.
- Some VDTs reflect light, which makes it difficult to view clearly (Figure 43).
- The curtains do not completely cover the curtains, leaving space through which light can pass through directly (Figure 44).



Figure 43: Reflections on the ASDE monitor.

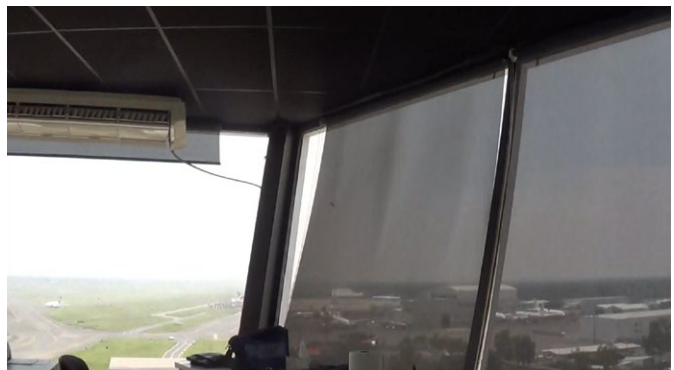


Figure 44: Curtain inefficiency.



6.7 Benefits of the Instrument

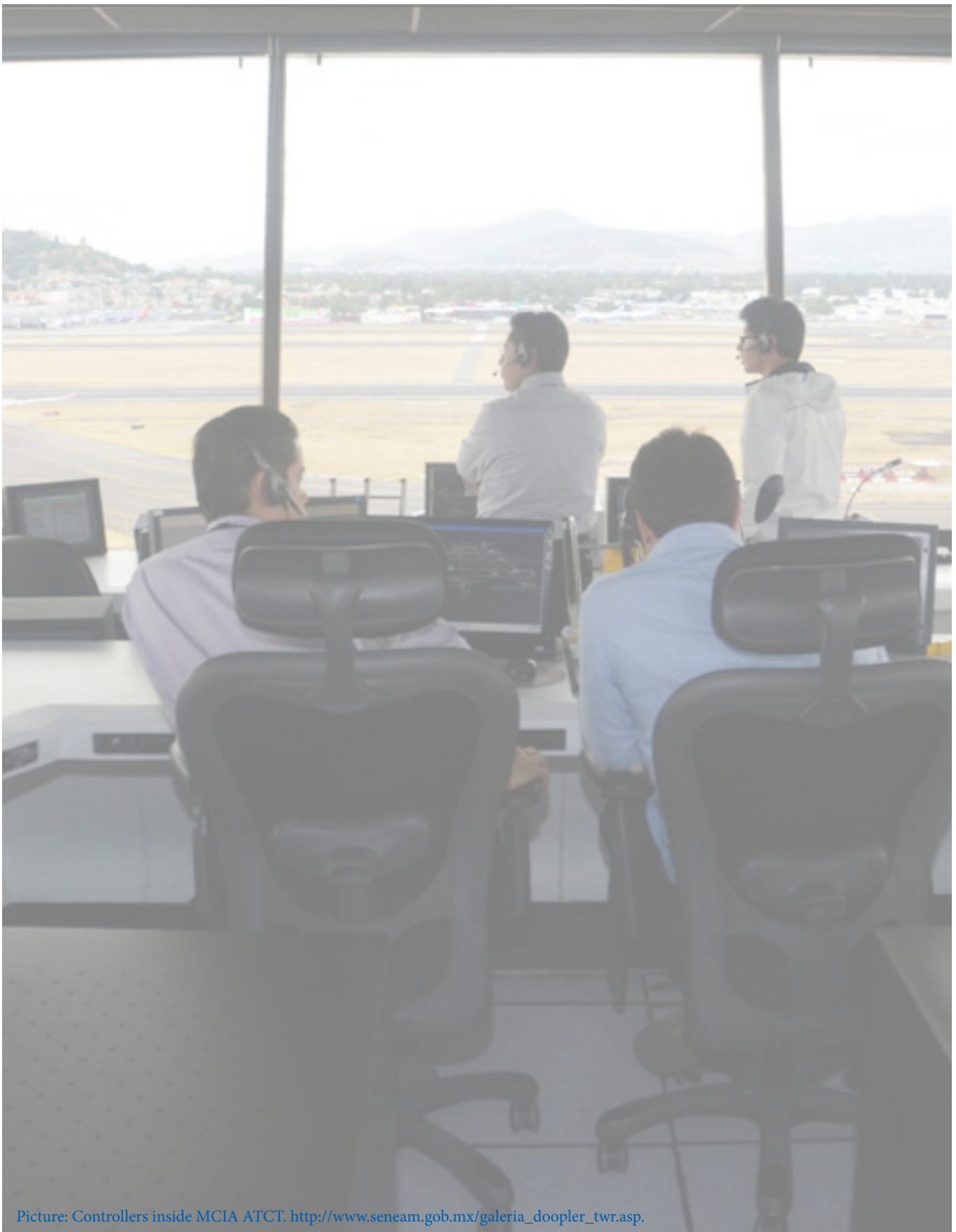
The results obtained from the Performance Index of the Cabin, Consoles, Windows, and Lighting, were congruent with the findings during fieldwork. The systematization of the Usability variables in sections facilitated the rapid observation and localization of visual problems and distractions for the Controllers. Said problems were associated with spatial communicative attributes such as dimensions, distribution, lighting, and use of instruments and VDT.

The application of the instrument is recommended for the following reasons:

- Allows flexibility when certain situations in an ATCT do not apply, in such a way that the Performance Index is unaffected.
- Its application can be repeated in any ATCT given that the problems are largely located in general characteristics of the consoles, windows, cabin, and lighting, which are basic components of the Controller's workstations.

The instrument used for evaluation created certain advantages during the fieldwork given that certain additional problems were cleared up thanks to the proposal to match them with recommendations made by the ICAO. This matching enabled the confirmation that not only do the general cabin dimensions guarantee good workstation dimensions for the Controllers, but also factors such as the specific distribution according to their work requirements are necessary. This finding solidifies the need for their to be ergonomic research and diagnostic instruments regardless of whether or not the ATCT complies with existing norms.

It is hoped that possible problems that are found in the future through the application of the instrument in other ATCTs are of a similar type (but not in magnitude) to those found in the ATCT in MCIA, which can be, largely, resolved through ergonomic research focussed on improving the distribution of the elements which make up the Controller's workstations, depending on their needs.



Picture: Controllers inside MCIA ATCT. http://www.seneam.gob.mx/galeria_doopler_twr.asp.

Conclusions

Workstation design needs to correspond to the user's work requirements in such a way that their activities are improved rather than made more difficult. This congruence can be ensured through a study of Ergonomics, whose exhaustiveness should be related to the complexity of the user's activities. In the case of the Controllers in the ATCTs, where, due to the complexity of their tasks, on some occasions they try to work around design shortfalls as part of their job duties, which increases stress and fatigue, which, in turn, impacts their communicative performance.

It is for this reason that this research was proposed in order to optimize the study and the diagnosis of the spatial communicative design of the Controller's workstations in the ATCTs with a rapid diagnosis instrument. The scope of this goal included the following:

- To describe ATCTs as a complex system with social, technical, and cybernetic characteristics; subject to Ergonomic scrutiny.
- To view an ATCT as an ATCT-SCI, in such a way as to be analyzed through Usability variables such as efficiency and effectiveness: the precision and the resources with which the user reaches their objectives.
- To identify the attributes that make up the

ATCT-SCI (Cabin, Consoles, Windows, and Lighting) which serve as tools to reach objectives.

- To evaluate the efficiency and effectiveness based on the reach of basic communicative tasks such as viewing, talking, etc, and link their impacts with the Controller's cognitive states, such as attention and situational consciousness.
- To establish a Performance Index for Cabin, Consoles, Windows, and Lighting, depending on the effectiveness and spatial communicative effectiveness variables.

The aforementioned, which are specific for ATCTs, also allow an understanding of the interactive spaces whose principle systemic objectives are of a communicative type (Figure 45). This is useful because it can be used to determine which spatial components are those which facilitate access to information or the communication with other users, including which attributes should be considered.

Within the field of architecture, to present an analytic schema which represents spaces based on their interactivity can facilitate, amongst other things, the integration of technological elements in an ergonomic and usable form. This in turn will change the field insofar as the definition of

SPATIAL COMMUNICATION INTERFACE

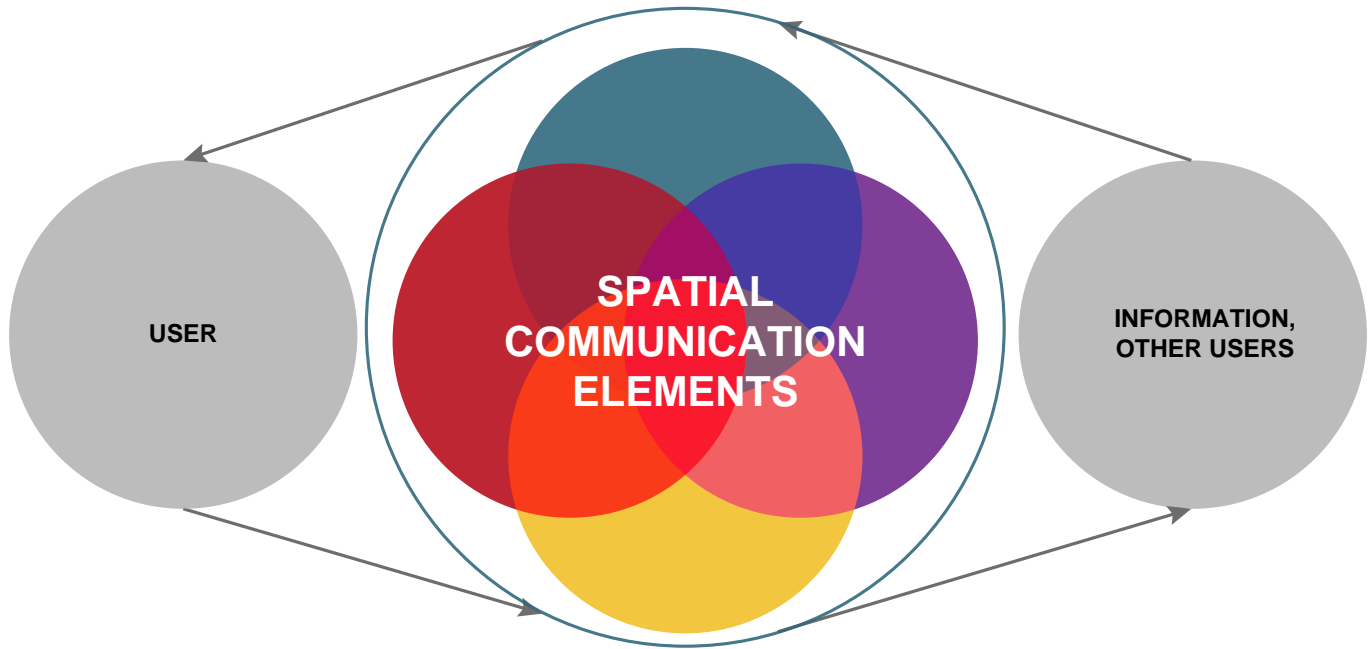


Figura 45: Contextualización del sistema ergonómico según las IEC

its limits and will permit the architect to create a bridge between their profession and other disciplines, such as engineering, design, psychology, ergonomics, etc.

In order to reach this research objective, MCIA was considered as a pertinent example, since it represents one of the most important airports nationally, both in terms of its history and air traffic. Moreover, it is the direct predecessor to the New Mexico City International Airport, which is due to begin operations in 2020. This means that the diagnostic of MCIA could impact not only the optimization of its installations to respond to operational demand from now until 2020, but also it could make a positive contribution to the fine-tuning of the design of the ATCT in NMCI, and other airports, both existing and in development, nationally.

Consoles, Windows, Lighting Mecha-

nisms, and the Cabin, including their spatial communicative qualities, were identified as essential SCI components through the field of view and solar radiation analysis, as well as the user experience records. These techniques in turn facilitated the understanding of the task complexity and related this to the workstation design. It is useful to apply these types of techniques because it involves the user and makes their needs more visible, according to User Centered Design.

The following are highlighted as specific conclusions:

- The diagnostic instrument established a relationship between communicative effectiveness and efficiency, and the Controller's workstations. However, ergonomic research continues to be necessary to determine the magnitude at which the efficiency and effectiveness are affected.

- It was possible to determine how workstation design can have an influence on Controller's specific tasks. However, further ergonomics research is necessary to delineate design cognitive influence in Controller's attention, cognitive load and situational awareness.
- Although the comparison of the instrument's results with the fieldwork solidifies the instrument's utility, it continues to be necessary to apply it in other ATCTs to determine how precise the Performance Index is.

Glossary

- **Area of Jurisdiction:** area within the airport which is monitored by a specific Controller, depending on their job role.
- **Backup Instrument:** an instrument which is used when the regular use version fails or cannot be used. On occasions, the backup instruments can also be redundant.
- **Cabin:** space within the Air Traffic Control Tower where the Controllers work. It is equipped with all the work instruments and consoles, and are delimited by walls and windows, from which the Controllers can view their areas of jurisdiction.
- **Common Use:** shared instruments between various workstations
- **Console:** furniture and work surface where the work instruments where one or more Controllers are assigned to work.
- **Contrast:** change of light intensity which can affect sight.
- **Field of View:** space which encompasses the view.
- **Flight Progress Strip:** a type of document which serves to indicate flight information and order. They can be digital or physical strips. In Mexico they are currently physical strips.
- **Functional Groups:** groups of jobs where activities that require close or direct operational availability can thus benefit from the advantages of the proximity of other tasks that are performed (ISO 11064).
- **Instruments:** Controller's work tools. Depending on the operational status, they can be used daily, as a back up, or in redundancy.
- **Local Use:** instruments used in one console.
- **Maximum Number of Workstations:** the maximum number of Controller's workstations that can be used simultaneously in the Tower.
- **Maximum Operational Capacity:** use of all the instruments at the workstations under high operational load (excluding backup instruments).
- **Maximum Workspace Area:** is the result of the division of the usable cabin area divided by the maximum number of workstations.
- **Neutral Position:** Controller's position when seated in front of the console looking forward.
- **Performance Index:** sum of percentages scores in each section of the instrument, classified by each



part (Cabin Perception, Consoles, Windows, and Lighting), related to levels of action, represented by graphs, and associated with specific research actions. Its role is to facilitate the understanding of spatial communicative effectiveness and efficiency of the Controller's workstations.

- Redundant Instrument: VDT or alternative instrument with which the Controllers can obtain the same information or carry out the same tasks. They can be identical or similar.
- Regular Use Instrument: work tool used by the Controller during normal operational conditions.
- Reverberation: reinforcement and persistence of a sound in a space which is more or less closed.
- Staff Growth Plan: forecast relating to the increase in staff in the Control Tower made by relevant authorities.
- Technology Growth Plan: forecast relating to the increase or update of instruments in the Control Tower made by relevant authorities.
- Usable Cabin Area: cabin area used by workstations.
- Window: element of the Air Traffic Control Tower through which it is possible to see the airport, as well as traffic and meteorological patterns. It consists of a translucent panel, its mullions and natural daylight control mechanisms.
- Workstation: Controller's work area in which they carry out activities that correspond to their work responsibilities. Depending on each role, the workstation includes a console and instruments, a VDT installed in the cabin and windows, from which the Controllers can view their areas of jurisdiction.



Foto: Aviones AICM. <http://www.aicm.com.mx/>.

References

- Abras, C., Maloney-Krichmar, D., & Preece, J. (2004). User-centered design. *Bainbridge, W. Encyclopedia of Human-Computer Interaction*. Thousand Oaks: Sage Publications, 37(4), 445–456.
- Bevan, N. (2001). International standards for HCI and usability. *International Journal of Human - Computer Studies*, 55(4), 533–552. <http://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0483>
- Celentano, A., & Dubois, E. (2015). Evaluating metaphor reification in tangible interfaces. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 9(3), 231–252. <http://doi.org/10.1007/s12193-015-0198-z>
- Durso, F. T., & Nickerson, R. S. (2007). *Handbook of applied cognition* (2nd ed.). Chichester, England ; Hoboken, NJ: Wiley.
- FAA. (2014, March 10). Roles and Responsibilities of Air Traffic Control Facilities [template]. Retrieved July 8, 2015, from https://www.faa.gov/jobs/career_fields/aviation_careers/atc_roles/
- Flores, C. (2001). *Ergonomía para el diseño*. México : Designio, 2001.
- Fürstenau, N., Rudolph, M., Schmidt, M., & Werther, B. (2001). Virtual Tower. *Wettbewerb Der Visionen*, 2004, 16–21.
- Fürstenau, N., Schmidt, M., Rudolph, M., Möhlenbrink, C., Papenfuß, A., & Kaltenhäuser, S. (2009). Steps Towards the Virtual Tower: Remote Airport Traffic Control Center (RAiCe). *Reconstruction*, 1(2), 14.
- Gibson, W. F. (2007). *How to do systems analysis*. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience.
- Gog, T., Paas, F., & Sweller, J. (2010). Cognitive Load Theory: Advances in Research on Worked Examples, Animations, and Cognitive Load Measurement. *Educational Psychology Review*, 22(4), 375–378. <http://doi.org/10.1007/s10648-010-9145-4>
- Hollnagel, E. (1997). Cognitive ergonomics: it's all in the mind. *Ergonomics*, 40(10), 1170–1182. <http://doi.org/10.1080/001401397187685>
- IEA. (2000). Definition and Domains of ergonomics | IEA Website. Retrieved September 8, 2015, from <http://www.iea.cc/whats/index.html>
- ISO 9241-11. (1998). ISO 9241-11:1998 - Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) -- Part 11: Guidance on usability. Retrieved August 26, 2015, from http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883

- ISO, I. O. for S. (2013). *ISO 11064-4:2013 - Ergonomic design of control centres*. Retrieved from http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=54419
- Jordan, P. (2003). *Designing Pleasurable Products An Introduction to the New Human Factors*. Hoboken: Taylor and Francis.
- Jordan, P. W. (1998). *An Introduction To Usability*. CRC Press.
- Lean, M. (1999). *Sense-perception and matter a critical analysis of C.D. Broad's theory of perception*. London: Routledge.
- Molich, R., & Nielsen, J. (1990). Improving a human-computer dialogue. *Communications of the ACM*, 33(3), 338–348. <http://doi.org/10.1145/77481.77486>
- Neisser, U. (1994). Multiple systems: A new approach to cognitive theory. *European Journal of Cognitive Psychology*, 6(3), 225–241. <http://doi.org/10.1080/09541449408520146>
- Norman, D. A., & Draper, S. W. (1986). *User centered system design: new perspectives on human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: LErlbaum Associates.
- OACI, I. C. A. O. (1997). *Annex 14 Aerodrome Design*. ICAO.
- Rizopoulos, C., & Charitos, D. (2011). Implications of Theories of Communication and Spatial Behavior for the Design of Interactive Environments.
- Rowlands, M. (1999). *The body in mind : understanding cognitive processes*. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press.
- Ruíz, M., & Díaz, R. (2003). *Aeropuertos : historia de la construccion, operacion y administracion aeroportuaria en Mexico*. México : Aeropuertos y Servicios Auxiliares, 2003.
- SCT. (2008). *SENEAM TRES DÉCADAS 1978 - 2008*.
- SCT. (2014). Por qué un nuevo aeropuerto para México | NAICM | aeropuerto.gob.mx. Retrieved August 8, 2015, from <http://www.aeropuerto.gob.mx/por-que-un-nuevo-aeropuerto-para-mexico.php>
- SENEAM. (2014a, March 18). Objetivo como Egresado del Curso de CTA. Retrieved September 4, 2015, from <http://www.seneam.gob.mx/cta/egresado.asp>
- SENEAM. (2014b, August 20). ¿Qué es SENEAM? Retrieved July 8, 2015, from <http://www.seneam.gob.mx/breve/quees.asp>



- Shannon, C. E. (2001). A mathematical theory of communication. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, 5(1), 3–55.
- Shneiderman, B. (2010). *Designing the user interface : strategies for effective human-computer interaction* (5th ed.). Boston: Addison-Wesley.
- Stassen, H. G., Johannsen, G., & Moray, N. (1990). Internal representation, internal model, human performance model and mental workload. *Automatica*, 26(4), 811–820. [http://doi.org/10.1016/0005-1098\(90\)90057-O](http://doi.org/10.1016/0005-1098(90)90057-O)
- Stichweh, R. (2008). Systems Theory. Retrieved April 1, 2015, from http://www.fw.uni-bonn.de/demokratieforschung/personen/stichweh/pdfs/80_stw_systems-theory-international-encyclopedia-of-political-science_2.pdf/view
- von Bertalanffy, L. (1973). *General system theory : foundations, development, applications* (Rev. ed.). New York: GBraziller.
- Wiener, N. (1961). *Cybernetics; or, Control and Communication in the animal and the machine*. (2d ed.). New York, MITPress.



Thank you!

