

## Ampliación del aeropuerto internacional de Sao Paulo-Guarulhos (Brasil)



**César Martínez Pérez**  
Ingeniero aeronáutico.  
Jefe de Proyecto.  
Typsa



**Israel Sánchez-Palomo García**  
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
Director general.  
Engecorps - Grupo Typsa



**Enrique Donate García**  
Ingeniero aeronáutico.  
Coordinador de Producción.  
Typsa

### Resumen

La ampliación del aeropuerto de Sao Paulo-Guarulhos ha constituido una de las más relevantes actuaciones del gobierno brasileño en materia de infraestructuras. Los proyectos básicos y constructivos fueron redactados por el Grupo TYPESA, en el marco de un complejo contrato concesional, y significaron un gigantesco esfuerzo de trabajo en grupo y un buen ejemplo de la metodología *fast track*, en la cual el proyecto y la ejecución de las obras se desarrollan en paralelo con muy reducidos desfases. Este esfuerzo, junto con el desarrollado por el resto de las empresas y organizaciones implicadas, permitió la exitosa puesta en servicio de la infraestructura en el plazo previsto a tiempo para la inauguración de la Copa del Mundo de Fútbol 2014.

### Palabras clave

Aeropuerto, edificio terminal, concesión, sostenibilidad

### Abstract

*The extension of the Sao Paulo – Guarulhos International Airport constitutes one of the most important interventions of the Brazilian government in terms of infrastructure. The basic and detail design of the project were entrusted to the TYPESA Group, within the framework of a complex concession contract. The project required a vast amount of teamwork and serves as good example of Fast-Track construction in which the design and construction of the works are carried out in parallel, with very reduced time lags. This vast effort, together with that of all the other companies and organizations involved, allowed the successful completion of the airport within the established schedule, ready for the inauguration of the 2014 World Cup.*

### Keywords

*Airport, terminal building, concession, sustainability*

### 1. El proyecto

En el año 2011 se inició el proceso de privatización de la gestión de los aeropuertos brasileños con la concesión de los aeropuertos de Guarulhos (Sao Paulo), Brasilia y Campinas. Con estas nuevas concesiones se pretendía mejorar la eficiencia de la gestión de los aeropuertos, con la presencia de operadores internacionales, y modernizar las infraestructuras existentes, adecuándolas a la futura demanda.

El consorcio liderado por el grupo de inversiones brasileño Invepar y con Acsa (Airports Company South Africa) como operador aeroportuario confió en el Grupo Typsa como responsable de ingeniería de los estudios con los que participar en esta concesión de infraestructuras. En el año 2012, el Gobierno Federal de Brasil adjudicó el contrato de concesión al consorcio internacional formado por Grupo Invepar y ACSA, constituyendo junto con Infraero (Empresa Nacional de Aeropuertos Brasileños) el grupo empresarial que se en-

cargaría de la operación y del mantenimiento del Aeropuerto de Guarulhos, en la ciudad de Sao Paulo, por un periodo de 20 años. Este aeropuerto era el mayor de los tres que salían a concesión y uno de los mayores de toda Sudamérica, con un volumen de pasajeros en el año 2012 de 30 mPAX (millones de pasajeros).

El consorcio ganador volvió a confiar en el Grupo Typsa para la realización los proyectos básicos y ejecutivos de ampliación del aeropuerto. Esta ampliación permite incrementar de manera significativa la capacidad del aeropuerto hasta los 42 MPAX y mejorar los niveles de servicio.

El Proyecto de Ampliación del Aeropuerto Internacional de Guarulhos fue llevado a cabo por tres empresas del Grupo Typsa: Typsa (España), Engecorps (Brasil) y Tecnofisil (Portugal), adjudicándose la construcción del mismo a la empresa brasileña OAS, SA.



Fig. 1. Fachada principal Edificio Terminal 3

El 11 de mayo de 2014, después de sólo 19 meses desde la adjudicación del contrato, en los que se simultanearon los trabajos de proyecto y obra, el Aeropuerto Internacional de Guarulhos abrió oficialmente las puertas de la nueva Terminal 3. Este proyecto revolucionario destaca como una de las actuaciones de mayor éxito en Brasil, iniciado para dotar al país de la infraestructura necesaria para recibir la Copa del Mundo en 2014 y los Juegos Olímpicos en 2016.

La ampliación del aeropuerto incluye el nuevo edificio de 5 plantas de la Terminal 3 (TPS3) (figura 1), que ofrece un área adicional de 202.500 m<sup>2</sup> y capacidad para 12 millones de pasajeros al año; nuevos edificios de estacionamiento, distribuidos en tres edificios garaje con un total de 11.000 vehículos y un aumento en la capacidad de la plataforma de estacionamiento de aeronaves con 34 nuevas posiciones de estacionamiento 20 de ellas en posiciones de contacto, a las que se accede a través de pasarelas de embarque, y las otras 14 posiciones remotas.

Brasil ahora cuenta con uno de aeropuertos más modernos y ejemplares de América Latina, que ha permitido la eliminación del principal cuello de botella logístico del país, dotándolo de una infraestructura con capacidad para atender a la actual demanda y con capacidad de crecimiento para evolucionar en el futuro, todo ello de acuerdo a los más altos estándares de calidad internacionales.

Algunos logros a destacar:

- Proyecto de infraestructura aeroportuaria ejecutado en un tiempo récord.
- Se trata de la infraestructura más grande proyectada para la Copa del Mundo de 2014.
- La superficie de la terminal del aeropuerto se duplicó: de 191.000 m<sup>2</sup> pasó a 393.500 m<sup>2</sup>.

Debido a la gran escala del proyecto y a las limitaciones de tiempo impuestas, un gran equipo humano de carácter internacional (tabla 1) trabajó sin descanso, lo que requirió de una excelente coordinación con el fin de garantizar el buen funcionamiento del proyecto y minimizar el riesgo de retrasos. Más de 300 ingenieros y técnicos de 10 oficinas en 3 países diferentes trabajaron al unísono, gestionando más de 600.000 archivos y 8.900 planos, mientras que 14.000 trabajadores fueron empleados por la empresa constructora, lo cual permitió trabajar simultáneamente en varios frentes de forma exitosa (figura 2). La necesidad de finalizar la construcción de esta nueva infraestructura para poder ser usada en la Copa del Mundo de 2014 obligó, no solo a resolver todos los problemas técnicos que un proyecto de esta envergadura implica, sino a su vez a plantear soluciones técnicas que permitieran cumplir con este objetivo y realizar una importante coordinación entre todos los implicados en el proceso de diseño y construcción del aeropuerto.

**AMPLIACIÓN DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE SÃO PAULO - GUARULHOS**  
Aeroporto Internacional de São Paulo - Guarulhos Rodovia Helio Smidt, s/n.  
CEP 07141-970 - Guarulhos - SP - Brasil

<b>Concesionario</b>	Concessionária do Aeroporto Internacional de Guarulhos, S.A. • Infraero Aeroportos (Brasil) 49 % • Invepar (Brasil) + ACSA (Sudáfrica) 51 %
<b>Proyecto básico y constructivo</b>	Grupo TYP • TYP (España) • Engecorps Engenharia S.A (Brasil) • Tecnofisil S.A. (Portugal) <sup>1</sup>
<b>Empresa constructora</b>	OAS S.A. (Brasil)
<b>Equipamiento eléctrico</b>	Siemens AG (Alemania - Brasil)
<b>Sistemas de equipaje</b>	Vanderlande Industries (Holanda - Brasil)
<b>Pasarelas de embarque</b>	ThyssenKrup AG (Alemania - Brasil)
<b>Inicio del proyecto</b>	21 de agosto de 2012
<b>Inicio de las obras</b>	28 de agosto de 2012
<b>Puesta en servicio</b>	11 de mayo de 2012
<b>Presupuesto de las obras</b>	1.090 millones € - 3.500 millones de reales brasileños

**Tabla 1. Ficha General del Proyecto**  
**(1) Empresa no directamente contratada por la concesionaria**



**Fig. 2. Vista general de las obras Edificio Terminal 3 en septiembre 2013**



Fig. 3. Vista Edificio Terminal 3 desde plataforma de estacionamiento de aeronaves

En mayo de 2015, el Proyecto de ampliación del aeropuerto internacional de Guarulhos fue galardonado con la Mención de Honor en los Premios Internacionales de Obra Pública Agustín de Betancourt, entregado por el Fundación Caminos y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en reconocimiento al especial mérito técnico de la metodología *fast track* llevada a cabo por el equipo de diseño.

En septiembre de 2015, el proyecto de ampliación del aeropuerto internacional de Guarulhos también recibió el premio FIDIC Award of Merit 2015, por la calidad del proyecto, el empleo de las mejores prácticas en el mundo de la ingeniería y su contribución al desarrollo de la sociedad.

## 2. Ingeniería *fast track*

La ampliación del Aeropuerto Internacional de Guarulhos se planificó a través de un nuevo Plan Director que debía ser ejecutado en 4 fases. La Fase 1-B de la Ampliación, o Ampliación 2012-2014 –objeto de este proyecto– consistió principalmente en las obras construcción de la nueva terminal de pasajeros, edificios de aparcamientos y ampliación de la plataforma de estacionamiento de aeronaves (tabla 2). El desarrollo del Proyecto Ejecutivo de las obras de la Fase 1-B se realizó según las directrices del Proyecto Básico preparado por Typsa-Engecorps.

La nueva terminal 3 (TPS3) se diseñó para dar capacidad inicial a un tráfico de 12 millones de pasajeros internacionales por año, adoptándose valores pico de 2.200 PAX/HP (pasajeros hora) en llegadas y de 1.800 PAX/HP en salidas. Este edificio es exclusivo para uso internacional

y se encuentra dividido en un edificio procesador, donde se realizan los principales procesos de pasajeros, facturación, control de seguridad, control de pasaportes, tratamiento de equipajes, y un edificio dique a través del cual se accede a las aeronaves. En ambos edificios fueron previstas nuevas áreas comerciales para la atención a los pasajeros.

Los nuevos puestos de estacionamiento de aeronaves (20 posiciones de contacto y 14 posiciones remotas) fueron ejecutados con pavimento de hormigón (figura 3) y cuentan con todos los servicios necesarios para las aeronaves. Para las vías de rodaje entre los puestos de estacionamiento de la nueva y la actual terminal se usó pavimento flexible, proporcionando continuidad al pavimento de las pistas de rodaje y de aterrizaje y despegue, las cuales fueron ampliadas para permitir la operación de aeronaves de gran tamaño Código F, como el Airbus A380. Se diseñaron áreas de seguridad de extremo de pista (RESA) para las cuatro cabeceras de pistas, con el fin de cumplir con lo dispuesto en el Acuerdo de Concesión de ANAC.

Los condicionantes principales para la implantación de la nueva terminal fueron:

- La necesidad de vincularla con las terminales TPS1 y 2, de forma que las distancias de las rutas peatonales fueran aceptables.
- Minimizar el impacto en el complejo ya existente, de forma que pudieran ser realizadas las diferentes fases de intervención sin interferencias excesivas.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	DIMENSIONES
<b>ÁREA DE MANIOBRAS</b>		
<b>PLATAFORMA Y CALLES DE RODAJES</b>		
Estacionamiento aeronaves TPS3	m <sup>2</sup>	171.500
Circulación de aeronaves TPS3	m <sup>2</sup>	302.800
Canales de macrodrenaje	m <sup>2</sup>	3.200
Plataforma Remota Oeste. Firmes	m <sup>2</sup>	135.600
Salida Rápida AA. Pista Firme Flexible	m <sup>2</sup>	24.300
Reparación estructural de firmes	m <sup>2</sup>	40.000
<b>ÁREAS COMPLEMENTARIAS</b>		
Área de seguridad en cabecera (RESA)	m <sup>2</sup>	24.300
<b>TERMINAL DE PASAJEROS</b>		
Nueva Terminal 3	m <sup>2</sup>	202.500
Pasarelas peatonales	m <sup>2</sup>	14.400
CUT (Central de Utilidades)	m <sup>2</sup>	4.300
Túneles para comunicación entre edificios	m <sup>2</sup>	12.400
Pilotes	m	55.000
Hormigón	m <sup>3</sup>	105.000
Acero pasivo	kg	11.500.000
Acero activo	kg	320.000
Placa alveolar	m <sup>2</sup>	125.000
Acero estructural	kg	2.500.000
Vigas prefabricadas de hormigón	m	23.000
<b>SERVICIOS AEROPORTUARIOS</b>		
Área de servicios aeroportuarios en patio	m <sup>2</sup>	11.000
Almacén de servicios aeroportuarios	m <sup>2</sup>	2.300
<b>ESTACIONAMIENTOS</b>		
Edificio garaje público aeropuerto	m <sup>2</sup>	350.700
Estacionamiento de taxis especiales	m <sup>2</sup>	15.600
<b>ACCESOS</b>		
Viaductos	m <sup>2</sup>	16.900
Sistema viario	m <sup>2</sup>	69.100
<b>HELIPUERTO</b>		
Edificio	m <sup>2</sup>	400
Área pavimentada	m <sup>2</sup>	4.000

Tabla 2. Principales unidades de obra

- Minimizar el impacto sobre la zona de vegetación autóctona, constituida por mata atlántica que debía ser totalmente protegida de las intervenciones proyectadas.

Los accesos de los vehículos al área de la nueva terminal se realizaron de forma diferente para cada nivel. El nivel de desembarque, se diseñó como una extensión de las rutas de las terminales actuales. De esta manera se mantiene la continuidad con el sistema actual, lo que permite un acceso integrado desde de la zona de desembarque de las terminales existentes a la nueva terminal.

Los accesos de vehículos a nivel de embarque se realizaron a través de un nuevo viaducto. De este modo, la conexión entre vías de las antiguas terminales y la nueva puede absorber la diferencia de nivel existente entre ambas.

Los nuevos edificios de estacionamiento se situaron frente al nuevo edificio terminal y, para facilitar el acceso peatonal, se construyeron dos pasarelas en el nivel intermedio entre el embarque y el desembarque. Estos edificios tienen capacidad para aproximadamente 10.000 vehículos privados y otras 1.000 plazas para servicios 'rent-a-car'. El área ocupada por los edificios es de 350.700 m<sup>2</sup> repartidos en tres edificios de ocho plantas cada uno.

Para la conexión peatonal con los terminales actuales se ejecutó otra pasarela elevada entre la actual TPS2 y la nueva terminal TPS3, que garantiza la continuidad del flujo de pasajeros. La pasarela posibilita la comunicación entre las terminales tanto de pasajeros en el embarque (lado Tierra) como de pasajeros en conexión (lado Aire).

Por otro lado, ya en esta primera fase se ejecutaron las obras del túnel de conexión del edificio terminal al futuro satélite, que se construirá en una etapa posterior. Este túnel se ejecutó bajo la plataforma de aeronaves.

Además de las anteriores actuaciones fueron consideradas otras de menor entidad como:

- Zonas de espera para taxis.
- Central de Utilidades (CUT).
- Zonas para estacionamiento de vehículos handling.
- Helipuerto.

### 3. El papel de los ingenieros consultores

El aspecto más significativo del proyecto fue la rapidez de su ejecución manteniendo los elevados estándares de calidad pretendidos.

- El Proyecto Básico fue concluido por Tyspa a los dos meses de la adjudicación de un complejo contrato de concesión para el proyecto, ejecución, mantenimiento y explotación de las obras de ampliación.

- Las obras fueron iniciadas de forma inmediata a la presentación del Proyecto Básico, de manera que los primeros proyectos constructivos (movimientos de tierras y cimentaciones) debieron ser terminados antes del cierre del Proyecto Básico.

- El Proyecto Constructivo fue desarrollado íntegramente por el grupo español Tyspa en régimen de *fast track*.

- La metodología *fast track* implica una superposición general de las fases de proyecto y construcción. La fase de proyecto es impulsada esencialmente por las exigencias de la fase de construcción.

- El éxito del proyecto se basó enormemente de las capacidades de trabajo en grupo de los equipos de diseño que, en este caso, se distribuían en 10 oficinas situadas entre América y Europa. El alto grado de coordinación entre los centros de producción distribuidos fue esencial.

- Estas capacidades contemplaron un alto y modélico nivel de conocimientos, una dilatada experiencia de trabajo conjunto y estuvieron apoyadas en herramientas informáticas, procedimientos de trabajo y sistemas de aseguramiento de calidad.

- La coordinación entre el proyectista (español) y la empresa constructora (brasileña) es esencial. La empresa Engecorps, filial brasileña del Grupo Tyspa, desarrolló, además de una parte de la producción, las labores de coordinación general. El núcleo de la producción fue desarrollada en España. La empresa Tecnofisil, filial portuguesa del Grupo Tyspa, llevó a cabo parte de los estudios geotécnicos y estructurales. Hasta 300 técnicos del Grupo Tyspa, entre ingenieros, arquitectos y delineantes, trabajaron en el proyecto constructivo.

- La producción de los proyectos constructivos unitarios en régimen de *fast track* constituyó el elemento inicial de una cadena de producción de obras en la que llegaron a intervenir hasta



Fig. 4. Sala de facturación

14.000 trabajadores. A título informativo, el departamento de cálculo de estructuras producía 25 nuevos planos por día, de media, durante la fase de ejecución de las mismas.

#### 4. Excelencia en el diseño y la construcción

##### 4.1. Estructuras de hormigón y metálicas

El proyecto fue desarrollado principalmente con estructuras de hormigón, contando en su mayor parte de estructuras prefabricadas, mediante pilares, vigas y placas alveolares, lo que garantiza un procedimiento constructivo que permite una rápida puesta en obra y la realización de etapas previas en fábrica.

La cimentación fue realizada mediante cimentación profunda, empleándose pilotes tipo hélice continua con diámetros de 600 mm a 1000 mm y profundidades medias de 18 m. Cada pilar cuenta con un número variable de pilotes en función de su carga con un mínimo de 3 y un máximo de 6 pilotes por pilar. La losa de subpresión fue proyectada mediante hormigón in-situ, con un espesor de 1,00 m junto con los muros laterales de contención.

La estructura de la cubierta fue realizada mediante cerchas metálicas sobre las que apoyaban los paneles de la cubierta. La necesidad de grandes luces, que llegan hasta los 36 m, implicó la idoneidad de esta tipología estructural.

##### 4.2. Arquitectura

El proyecto ejecutivo de la nueva TPS3 se basó en el Proyecto Básico elaborado por Engecorps y aprobado por la Concesionaria y posee las características funcionales anteriormente descritas y que a continuación se resumen: 202.500 m<sup>2</sup> de edificio de alto estándar tecnológico y acabado, distribuido en 5 niveles, incluido un sótano técnico, una planta baja de desembarque, un entresuelo de interconexión con otros edificios, un piso superior de embarque (figura 5) y un nivel superior de servicios.

Las soluciones constructivas empleadas en el proyecto fueron las siguientes:



Fig. 5. Ascensores panorámicos en sala de facturación

#### a. Cubiertas

Cubiertas inclinadas de aluminio con junta de encaje de tipo cremallera de alto rendimiento, formada por chapa inferior de soporte en chapa perfilada de acero galvanizado, membrana elastomérica con barrera de vapor revestida, núcleo multicapa para aislamiento térmico y acústico con placas de yeso laminado y paneles de lana de roca de alta densidad. El coeficiente térmico máximo admisible de la cubierta es de  $0,40 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{K}$ , y el valor mínimo de aislamiento acústico al ruido aéreo es de 45 dB.

#### b. Fachadas

El acabado de las principales fachadas del edificio terminal ha sido realizado mediante revestimiento de panel de aluminio compuesto (ACM) sobre paneles o fábricas de bloque con aislamiento, constituyendo por tanto una fachada ventilada.

Para los muros cortina fueron empleados carpinterías de aluminio con montantes de perfiles estructurales circulares modulados con la estructura principal del edificio y traviesas horizontales moduladas de 1,50 m por 3,00 m. Se emplearon doble cristal de seguridad (laminados) con cámara de aire de 20 cm para aislamiento termo acústico en placas de 14 cm y 12 cm, coeficiente de transmisión térmica 1,7, transmisión luminosa del 50 %, factor solar del 30 %, atenuación acústica 40 dB, reflexión de luz 18 % externa y 15 % interna.

#### c. Mobiliario

Se establecieron cuatro subgrupos con el objetivo de conservar la nueva imagen corporativa del aeropuerto:

- *Check-in*. Mostradores de facturación de equipajes, integrados con el sistema de tratamiento de equipajes.
- Mostradores auxiliares. Mostradores de información, de embarque y de controles de pasaportes.
- Cerramientos y separadores de flujos. Elementos dispuestos para formar pasillos y rutas dirigidas para pasajeros y usuarios.
- Mobiliario general. Bancos en áreas públicas, bancos en salas de espera y salas de embarque.

#### d. Sistema de elevación y transporte.

Se proyectaron ascensores de tracción eléctrica (figura 6), sin cuarto de máquinas y con puertas cortafuego, para tráfico intenso. Las máquinas, son de alto rendimiento y están dotadas de sistema regenerativo. Además, poseen sistema de barrera de infrarrojos para la detección del paso a través de las puertas y tracción electromecánica a través de accionamiento con regulación de frecuencia y freno de emergencia progresiva.

Las escaleras mecánicas presentan inclinación máxima de 30°, velocidad de 0,5 m/s (dos velocidades: para trabajo en

vacío y para trabajo en carga), el arranque está compuesto de 3 pasos horizontales y la anchura libre de paso es de 1.000 mm. Los pasillos mecánicos, de diversas longitudes, tienen todos una anchura de 1.200 mm.

#### 4.3. Instalaciones eléctricas

##### a. Fuerza

Para esta primera fase 1-B de la ampliación del Aeropuerto de Guarulhos (2016) fue necesario ampliar la subestación principal existente en el aeropuerto, instalando nuevas celdas de acometida con tensión de 138 kV y tecnología GIS, junto con un nuevo transformador de 138/13,8 kV de 30 MVA.

Se ha realizado la instalación de tres nuevos anillos de distribución de energía a 13,8 kV funcionando en sistema abierto a través de los cuales se alimentan las nuevas subestaciones secundarias con potencias de 500 a 2000 kVA, distribuidas en todo el aeropuerto. El nuevo edificio terminal cuenta con 10 de estas subestaciones. Todas estas subestaciones han sido proyectadas contando con transformadores de reserva para garantizar la continuidad del servicio.

Estas subestaciones cuentan a su vez con el apoyo de grupos electrógenos y sistemas de alimentación ininterrumpida. Se cuenta por tanto con alimentación eléctrica de red normal, red de emergencia con el apoyo de grupos electrógenos y red con continuidad apoyada por los equipos SAI, garantizándose el suministro de los distintos servicios del aeropuerto en función de sus necesidades y la criticidad de estas instalaciones.

##### b. Iluminación

Para la iluminación interna de la Terminal TPS3 se emplearon luminarias de alto rendimiento y eficiencia, atendiendo al ahorro de energía y a la luminotecnia de entornos arquitectónicos. El Confort Visual Eficiente (EVC) se obtuvo mediante iluminación vertical, luminotecnia efectiva, proyecto cualitativo, sistema de gestión y fuentes de luz eficientes. La influencia de la luz solar se consideró como uno de los rasgos característicos del diseño arquitectónico que, a su vez, determinó la función, el diseño y la eficiencia requerida del sistema de iluminación artificial.

#### 4.4. Instalaciones electrónicas

El proyecto de instalaciones electrónicas dotó a la ampliación del aeropuerto de unos sistemas de comunicaciones y control de acuerdo a los equipamientos más modernos

disponibles en este momento en el mercado. Los principales sistemas incluidos dentro de este apartado son:

##### a. Sistema de Fecha y Hora Universal (SDH)

Este sistema garantizando en todos los locales y para todos los sistemas la misma información horaria, incluyendo los paneles de información de vuelos, integrantes del Sistema de Información de Vuelo (SIV) y el resto de los sistemas de control.

##### b. Sistema de Sonido (SISOM)

Se diseñó un Sistema de Sonido (SISOM) para integrar con el sistema de sonido existente en las demás terminales, garantizando en todos los locales la información de sonido en tiempo real. Este sistema funciona integrado por redes TCP-IP. El sistema está dotado de control automático de la intensidad, volumen homogéneo, prevención de eco y reverberación.

##### c. Sistema de atraque de aeronaves (SIDO)

Este sistema proporciona a los pilotos indicaciones de modo automático para realizar el atraque de las aeronaves con precisión y seguridad.

##### d. Sistema de Distribución de Señal de Radio y TV (SDTV)

El proyecto se constituyó mediante equipamientos terminales (TV y Setup Box) para señal digital mediante 2 cables CAT6. La señal de televisión se puede ver en todos los terminales de ordenador o monitores IP.

##### e. Sistema de Gestión de Utilidades y Energía (SIGUE)

Se diseñó un Sistema de Gestión de Utilidades y Energía (SIGUE) que, a su vez, está compuesto por el Subsistema de Gestión de Energía (SGE), el Subsistema de Gestión de Utilidades (SGU), y el Subsistema de Gestión del Sistema de Aire Acondicionado y Ventilación (SCAR). El sistema completo garantiza la automatización del edificio y la integración de su operación, permite el ahorro económico y la eficiencia operacional y reduce costes administrativas.

#### 4.5. Instalaciones mecánicas

##### a. Sistema de Aire Acondicionado y Ventilación

La climatización del interior del nuevo edificio de Terminal de Pasajeros TPS3 se proyectó principalmente con los siguientes sistemas:

- Climatización y ventilación de confort de las aéreas ocupadas:

- Sistemas Aire/Agua compuestas por climatizadores centralizados de Aire externo y fancoils en los espacios para las áreas de oficinas, tiendas y Duty-Free.

- Sistemas Todo-Aire, compuestos por climatizadores centralizados para áreas generales: Hall, Pasillos, Control de Pasaportes, Check-in, Duty-Free (entresuelo).

- Climatización de las salas técnicas de SAI y telecomunicaciones. Estas salas se climatizan mediante equipamientos de climatización de precisión, con control de temperatura y humedad.

Para el suministro de agua fría a los sistemas de climatización fue construida una nueva Central de Utilidades donde se ubican tres enfriadoras de 673kW más otra enfriadora de 275 kW, con el objetivo de adecuar la producción de frío a la demanda existente.

b. Sistema automatizado de tratamiento de equipaje (BHS)  
Se desarrollaron especificaciones técnicas para la adquisición del Sistema Automatizado de Tratamiento de Equipajes (Bagage Handling System o BHS) (figura 4) y se analizaron las propuestas de proveedores así como su integración en el proyecto de la nueva terminal TPS3.

#### 4.6. Pista, calles de rodaje y plataformas

El proyecto ejecutivo detalla las definiciones establecidas para la ampliación del área de maniobras del aeropuerto, tanto las que tienen que ver con la adecuación de las pistas de aterrizaje y despegue, las calles de rodaje y las plataformas de estacionamiento de aeronaves.

El proyecto de ingeniería aeroportuaria estuvo compuesto de:

Definición geométrica y operacional de la plataforma incluyendo la determinación de las posiciones de aeronaves y demás infraestructuras de apoyo, como la posición de los PIT de combustible, los equipamientos de PPB (Passenger Boarding Bridges o Puertas de Embarque), sistemas de alimentación eléctrica (400 Hz) y aire acondicionado de aeronaves. Para esta definición geométrica fue realizada la simulación del área de maniobras mediante el programa Path Planner de Simtra.

- Geología y geotecnia: definición y seguimiento de campaña geotécnica, caracterización de los materiales y parámetros de diseño.



Fig. 6. Sala de recogida de equipajes

- Pavimentación: para la elaboración del proyecto de pavimentos, se determinó la flota prevista en el aeropuerto considerando como criterio de diseño una vida útil para el pavimento de 20 años.

- Drenaje profundo y superficial de pavimentos: elementos de drenaje, incluidas plantas separadoras de hidrocarburos para prevenir derrames de combustible procedentes de los procesos de operación y mantenimiento. Se desarrolló el proyecto de macrodrenaje para conectar los canales existentes y las nuevas redes de drenaje al desagüe en el río Baquiriviu. La red de colectores se proyectó para un periodo de retorno de 10 años, asegurando que funcionan por gravedad, alcanzando valores de hasta 40 m<sup>3</sup>/s de flujo total.

Además de los equipamiento asociados a los estacionamientos de aeronaves, el proyecto consideró las instalaciones de

balizamiento nocturno, torres de iluminación y la señalización horizontal y vertical de plataformas y calles de rodaje.

Las obras proyectadas en el lado Aire fueron:

- Plataforma de estacionamiento de aeronaves para 20 posiciones de contacto Categoría C (Puestos MARS) en la nueva TPS3;
- Plataforma remota para 14 posiciones categoría C (Puestos MARS).
- Helipuerto de 2.500 m<sup>2</sup> para 4 posiciones Categoría 2 (peso máximo de despegue 11.200 kg)
- Adecuación de las pistas de rodaje para aeronaves críticas (A380 – Categoría F) y reparación de pavimentos deteriorados.

#### 4.7. Sistema viario

El proyecto geométrico se realizó tomando como base las indicaciones incluidas en el Manual del Proyecto de Travesías Urbanas (DNIT, Publicação IPR 740), elaborado por el Ministerio de Transportes de Brasil.

El proyecto ejecutivo incluía las siguientes vías:

- Vías de acceso a los niveles de embarque y desembarque de la nueva terminal TPS3.
- Vías de acceso a los edificios garaje.
- Ampliación de la autovía Hélio Smidt y nuevos accesos de ésta al aeropuerto.
- Vías de servicio en el aeropuerto.

Para la definición del trazado se empleó el software Trazado 3.0, un sistema desarrollado por Typsa para Windows. Este programa permite la lectura automática de modelos digitales del terreno en formato dxf, ascii-digi, IGDS y ArcView shape. A partir del tratamiento del terreno, el programa ofrece la posibilidad de proyectar, medir y representar totalmente una obra lineal.

## 5. Contribución a la mejora de la calidad de vida del entorno y respeto al medio ambiente

### 5.1. Transcendencia económica y social

Tan importante como mejorar la movilidad entre ciudades es la necesidad de incrementar la eficiencia de los sistemas

aeroportuarios. El aeropuerto internacional de Guarulhos tiene la ventaja de ser el más grande del país y uno de los mayores de Sudamérica, además de poseer instalaciones mejoradas y soluciones de diseño que reducen el impacto ambiental y al mismo tiempo generan ventajas operativas y financieras, así como amplios beneficios para la sociedad y la comunidad local de la sociedad.

- La industrialización y prefabricación de los elementos estructurales constituyó la estrategia general del diseño, prueba de lo cual resulta el que se construyeran finalmente 23 km de vigas prefabricadas.

- Centralización de vuelos de largo recorrido: la nueva terminal ha supuesto una estrategia no sólo para proporcionar un mayor confort y comodidad a los pasajeros, sino también para promover la creación de nuevas rutas e incrementar el tráfico aéreo en la zona. Esta nueva infraestructura ha mejorado la movilidad de los ciudadanos en una gran ciudad y ha motivado a los turistas a visitar la zona, además de despertar el interés de los inversores que da lugar a la realización de grandes proyectos. La centralización de los vuelos en la terminal permite también una mayor eficiencia en la gestión de las operaciones aeroportuarias mediante la reducción de la dispersión de rutas.

- Facilidad de movimiento: se diseñaron e implementaron soluciones para albergar un mayor número de pasajeros y mejorar la distribución y el tráfico de pasajeros en el embarque y el desembarque. La circulación en el interior de la terminal se realiza a través de ascensores, escaleras fijas, escaleras mecánicas y pasillos rodantes, todo ello diseñado con el objetivo de minimizar las largas distancias y ahorrar tiempo a los pasajeros. Entre las tecnologías implementadas para facilitar el flujo de pasajeros y acelerar el embarque se encuentran los quioscos de autofacturación, sistemas automáticos de gestión de equipajes y puertas electrónicas (eGates) automatizadas para el control de fronteras.

- Legado económico: la naturaleza del modelo de concesión aprobado por el gobierno brasileño para el Aeropuerto de Guarulhos incluyen a Infraero como accionista minoritario con una participación del 49 % en la concesión. Los dividendos recibidos de esta participación se utilizarán para la reinversión en otros aeropuertos del país que aseguren la redistribución de la riqueza en la economía nacional.

## 5.2. Sostenibilidad y respeto por el medio ambiente

- **Diseño sostenible:** En el diseño del edificio se adoptaron soluciones que aplican el concepto de sostenibilidad y reducción del impacto ambiental. Tanto el diseño como los materiales de construcción fueron elegidos con el objetivo de reducir el coste energético a lo largo de la vida del edificio. El uso de iluminación natural, de materiales con mayor eficiencia térmica, el almacenamiento de agua de lluvia para su posterior reutilización, la gestión de los residuos sólidos y la instalación de ascensores regenerativos que generan energía cuando la cabina asciende o desciende son algunos de los ejemplos de elementos y sistemas implementados en el edificio que ayudan a reducir el consumo de recursos y la huella de carbono del aeropuerto.

- **Comportamiento térmico y acústico.** En cualquier edificación de este tipo un factor determinante es el adecuado aislamiento térmico y acústico de los distintos cerramientos. Las soluciones empleadas en el proyecto permiten el aprovechamiento de la luz natural con un elevado grado de aislamiento lo que disminuye el intercambio térmico entre el interior y el exterior y economiza el uso de sistemas de aire acondicionado.

- **Bienestar para el usuario:** La instalación de grandes fachadas acristaladas que iluminaran naturalmente el edificio de la terminal se consideró una prioridad. El diseño permite un uso eficiente de la energía, ofrece amplias vistas de las pistas de aterrizaje y pone en valor los espacios internos del edificio, proporcionando una mayor sensación de confort a los pasajeros. Los jardines internos se diseñaron meticulosamente, empleando exclusivamente especies nativas que aportan sosiego al conjunto.

- **Reducir, reutilizar y reciclar:** Además de los esfuerzos para reducir el consumo de energía y recursos, se incorporaron diseños para la reutilización y el reciclaje de materiales. La cubierta de la terminal permite recoger el agua de lluvia, la cual, junto a las aguas grises, es tratada, almacenada y reutilizada para limpieza, descargas de aguas residuales y otros usos compatibles. Todo ello ha resultado en una reducción sustancial de la demanda de agua en el aeropuerto y ha ayudado a lograr importantes ahorros económicos. La terminal cuenta también con sistemas de reciclaje y compactadores de residuos sólidos, ubicados en el sótano del edificio.

## 6. Conclusión

La importancia del proyecto de ampliación del aeropuerto internacional de Guarulhos y la calidad del trabajo llevado a cabo fue resaltada por la presidenta brasileña, Dilma Vana Rousseff, durante la ceremonia de la inauguración oficial: “Este es un momento especial en el que estamos empezando a ver los frutos de las inversiones realizadas en el sector aeroportuario. Y sabemos que valió la pena cuando vemos una obra como ésta”. **ROP**

