# Documento Técnico: Interfaces de Visualización Adaptativas

## 1. El Desafío: De Datos Complejos a Decisiones Claras

El resultado de una simulación de evacuación masiva es un conjunto de datos multidimensional y complejo: miles de trayectorias, mapas de calor de congestión que cambian en el tiempo, métricas de rendimiento, etc. Presentar esta información de manera que sea rápidamente comprensible y accionable para distintos tipos de usuarios es un desafío de diseño e ingeniería tan importante como la propia simulación.

### 1.1 Dimensiones de la Complejidad de Datos

**Tabla 1: Tipos de Datos Generados por Simulaciones de Evacuación**

| **Tipo de Dato** | **Volumen** | **Dimensionalidad** | **Frecuencia** | **Audiencia Principal** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Trayectorias de Agentes** | 100K-1M registros | Espacial + Temporal | Cada segundo | Analistas técnicos |
| **Mapas de Congestión** | 10K-50K celdas | Espacial + Temporal | Cada minuto | Planificadores urbanos |
| **Métricas de Rendimiento** | 50-100 indicadores | Temporal | Cada 5 minutos | Autoridades ejecutivas |
| **Estados de Recursos** | 500-2K recursos | Espacial + Estado | Tiempo real | Coordinadores operacionales |
| **Alertas y Eventos** | 10-100 eventos | Temporal + Prioridad | Irregular | Equipos de respuesta |

### 1.2 Perfiles de Usuario y Necesidades

**Tabla 2: Matriz de Perfiles de Usuario y Requerimientos**

| **Perfil** | **Nivel Técnico** | **Tiempo Disponible** | **Información Crítica** | **Formato Preferido** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Analista Técnico** | Alto | 30-60 minutos | Datos detallados, parámetros | Tablas, gráficos técnicos |
| **Planificador Urbano** | Medio | 10-15 minutos | Patrones espaciales, cuellos de botella | Mapas temáticos, dashboards |
| **Autoridad Municipal** | Bajo | 2-5 minutos | Decisiones clave, estado general | Semáforos, indicadores KPI |
| **Coordinador Emergencia** | Medio | 1-2 minutos | Alertas, recursos disponibles | Notificaciones, mapas simples |
| **Ciudadano** | Bajo | 30 segundos | Rutas personales, albergues | Mapas móviles, instrucciones |

Las visualizaciones estáticas o de “talla única” son insuficientes. Un analista técnico necesita explorar los datos en profundidad, mientras que una autoridad municipal necesita una conclusión clara e inmediata. Las Interfaces de Visualización Adaptativas de PIGEM están diseñadas para cerrar esta brecha.

## 2. Principios de Diseño

La construcción de las interfaces se rige por principios fundamentales del diseño centrado en el usuario y la psicología cognitiva aplicada a situaciones de emergencia:

### 2.1 Marco Conceptual de Diseño

┌─────────────────────────────────────────────────────────────┐  
│ PRINCIPIOS DE DISEÑO │  
├─────────────────┬─────────────────┬─────────────────────────┤  
│ DISEÑO CENTRADO │ ESTANDARIZACIÓN │ VISUALIZACIÓN │  
│ EN EL USUARIO │ COGNITIVA │ INTERACTIVA │  
│ │ │ │  
│ • Perfiles │ • ISO 22324 │ • Exploración │  
│ • Contexto │ • Colores │ • Filtros │  
│ • Tareas │ • Símbolos │ • Tiempo real │  
│ • Limitaciones │ • Consistencia │ • Escenarios what-if │  
└─────────────────┴─────────────────┴─────────────────────────┘  
 │  
 ▼  
┌─────────────────────────────────────────────────────────────┐  
│ IMPLEMENTACIÓN TÉCNICA │  
├─────────────────┬─────────────────┬─────────────────────────┤  
│ ARQUITECTURA │ TECNOLOGÍAS │ ESTÁNDARES │  
│ MODULAR │ MODERNAS │ ABIERTOS │  
│ │ │ │  
│ • Componentes │ • React/Vue │ • OGC SLD │  
│ • Microservicios│ • WebGL │ • W3C WCAG │  
│ • APIs REST │ • D3.js │ • ISO 9241 │  
│ • Escalabilidad │ • WebSockets │ • RFC 7946 │  
└─────────────────┴─────────────────┴─────────────────────────┘

*Figura 1: Marco conceptual de diseño de interfaces adaptativas*

1. **Diseño Centrado en el Usuario (UCD)**: La funcionalidad y la presentación se definen a partir de las necesidades de los perfiles de usuario finales (planificadores, equipos de emergencia, autoridades), no a partir de las capacidades de la tecnología.
2. **Estandarización Cognitiva**: Se utilizan estándares de simbología y color para reducir la carga cognitiva del usuario. El objetivo es que la interpretación de un mapa de riesgo sea inmediata e inequívoca, sin necesidad de consultar una leyenda compleja.
3. **Visualización Interactiva y Exploratoria**: Se debe permitir al usuario “dialogar” con los datos, aplicando filtros, cambiando la perspectiva temporal y explorando escenarios “what-if” directamente en la interfaz.

### 2.2 Principios de Usabilidad para Emergencias

**Tabla 3: Principios de Usabilidad Específicos para Gestión de Emergencias**

| **Principio** | **Definición** | **Implementación** | **Métrica de Validación** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Visibilidad** | Información crítica siempre visible | Paneles fijos, alertas persistentes | Tiempo de localización <3 segundos |
| **Simplicidad** | Interfaz mínima, sin distracciones | Máximo 7±2 elementos por pantalla | Tasa de error <2% |
| **Consistencia** | Patrones uniformes en toda la aplicación | Guía de estilos, componentes reutilizables | Tiempo de aprendizaje <10 minutos |
| **Retroalimentación** | Respuesta inmediata a acciones del usuario | Indicadores de carga, confirmaciones | Tiempo de respuesta <200ms |
| **Tolerancia a Errores** | Prevención y recuperación de errores | Validación en tiempo real, deshacer | Tasa de recuperación >95% |

## 3. Arquitectura y Tecnologías

La interfaz es una **Single-Page Application (SPA)** moderna, construida con un stack tecnológico diseñado para el manejo eficiente de datos geoespaciales y en tiempo real.

### 3.1 Stack Tecnológico Completo

**Tabla 4: Componentes del Stack Tecnológico**

| **Capa** | **Tecnología** | **Versión** | **Función** | **Justificación** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Frontend Framework** | React | 18.2+ | Interfaz de usuario reactiva | Ecosistema maduro, performance |
| **Gestión de Estado** | Redux Toolkit | 1.9+ | Estado global de aplicación | Predictibilidad, debugging |
| **Mapas Interactivos** | Mapbox GL JS | 2.15+ | Renderizado de mapas WebGL | Rendimiento, 3D, personalización |
| **Visualización de Datos** | D3.js | 7.8+ | Gráficos y visualizaciones | Flexibilidad, estándares web |
| **Renderizado 3D** | Deck.gl | 8.9+ | Visualizaciones geoespaciales 3D | Integración Mapbox, rendimiento |
| **Comunicación** | Socket.io | 4.7+ | Tiempo real, WebSockets | Confiabilidad, fallbacks |
| **Estilos** | Tailwind CSS | 3.3+ | Framework CSS utilitario | Consistencia, mantenibilidad |
| **Testing** | Jest + RTL | 29.5+ | Pruebas unitarias/integración | Estándar industria |

### 3.2 Arquitectura de Componentes

┌─────────────────────────────────────────────────────────────┐  
│ CAPA DE PRESENTACIÓN │  
├─────────────────┬─────────────────┬─────────────────────────┤  
│ COMPONENTES │ COMPONENTES │ COMPONENTES │  
│ EJECUTIVOS │ TÉCNICOS │ OPERACIONALES │  
│ │ │ │  
│ • Dashboard KPI │ • Gráficos │ • Mapas en tiempo real │  
│ • Alertas │ • Tablas │ • Notificaciones │  
│ • Semáforos │ • Filtros │ • Controles │  
└─────────────────┴─────────────────┴─────────────────────────┘  
 │  
 ▼  
┌─────────────────────────────────────────────────────────────┐  
│ CAPA DE LÓGICA │  
├─────────────────┬─────────────────┬─────────────────────────┤  
│ ADAPTACIÓN │ PROCESAMIENTO │ COMUNICACIÓN │  
│ CONTEXTUAL │ DE DATOS │ TIEMPO REAL │  
│ │ │ │  
│ • Perfiles │ • Agregación │ • WebSockets │  
│ • Contexto │ • Filtrado │ • API REST │  
│ • Preferencias │ • Transformación│ • Notificaciones push │  
└─────────────────┴─────────────────┴─────────────────────────┘  
 │  
 ▼  
┌─────────────────────────────────────────────────────────────┐  
│ CAPA DE DATOS │  
├─────────────────┬─────────────────┬─────────────────────────┤  
│ SIMULACIÓN │ CONFIGURACIÓN │ SERVICIOS │  
│ RESULTADOS │ USUARIO │ EXTERNOS │  
│ │ │ │  
│ • Trayectorias │ • Perfiles │ • Servicios OGC │  
│ • Métricas │ • Preferencias │ • APIs municipales │  
│ • Estados │ • Histórico │ • Datos en tiempo real │  
└─────────────────┴─────────────────┴─────────────────────────┘

*Figura 2: Arquitectura de componentes de la interfaz adaptativa*

* **Framework de UI**: **React**. Permite construir una interfaz de usuario modular y reactiva, donde los cambios en los datos de la simulación se reflejan automáticamente en los componentes visuales.
* **Renderizado de Mapas**: **Mapbox GL JS** o **Deck.gl**. Estas librerías utilizan **WebGL** para aprovechar la aceleración por hardware de la GPU, permitiendo renderizar cientos de miles de puntos o polígonos de manera fluida en el navegador, algo imposible con tecnologías basadas en SVG o Canvas 2D.
* **Gráficos y Dashboards**: **D3.js**. Es la librería estándar para la creación de visualizaciones de datos dinámicas e interactivas (gráficos de barras, líneas de tiempo, etc.) que complementan la vista de mapa.
* **Comunicación**: La interfaz se comunica con el backend de PIGEM a través de una **API RESTful** para la gestión de escenarios y a través de **WebSockets** para recibir actualizaciones en tiempo real durante la ejecución de una simulación.

## 4. Características de la Adaptabilidad

La “adaptabilidad” de la interfaz se manifiesta en múltiples niveles, cada uno diseñado para optimizar la experiencia del usuario según su contexto específico:

### 4.1 Adaptabilidad por Perfil de Usuario

**Tabla 5: Configuraciones por Perfil de Usuario**

| **Perfil** | **Vista Principal** | **Componentes Visibles** | **Nivel de Detalle** | **Interactividad** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Analista Técnico** | Workspace completo | Todos los paneles, herramientas avanzadas | Máximo (datos brutos) | Total (parámetros, filtros) |
| **Planificador Urbano** | Dashboard espacial | Mapas, métricas clave, análisis | Alto (agregaciones) | Media (filtros básicos) |
| **Autoridad Municipal** | Vista ejecutiva | KPIs, alertas, resumen | Bajo (indicadores) | Mínima (navegación) |
| **Coordinador Emergencia** | Centro de control | Alertas, recursos, comunicaciones | Medio (operacional) | Media (acciones directas) |
| **Ciudadano** | Vista pública | Rutas, albergues, instrucciones | Básico (personal) | Mínima (consulta) |

Al iniciar sesión, el sistema identifica el perfil del usuario y ajusta la interfaz por defecto:

* **Perfil Técnico/Analista**: Se muestra una vista compleja con acceso a todas las capas de datos, parámetros de simulación avanzados, y herramientas de análisis espacial.
* **Perfil de Autoridad/Decisor**: Se presenta un dashboard ejecutivo con métricas clave (KPIs) como el Tiempo Total de Evacuación Estimado (ETET), porcentaje de población evacuada, y un mapa simplificado que resalta solo los 3-5 cuellos de botella más críticos.
* **Perfil Comunitario/Ciudadano**: Una vista pública y simplificada que muestra únicamente las rutas de evacuación recomendadas, la ubicación de los albergues y su estado (abierto/cerrado/lleno).

### 4.2 Adaptabilidad por Contexto de Emergencia

**Tabla 6: Modos de Operación según Contexto**

| **Modo** | **Trigger** | **Cambios Visuales** | **Funcionalidades** | **Prioridad Información** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Planificación** | Uso normal | Colores estándar, información completa | Todas disponibles | Análisis detallado |
| **Alerta Temprana** | Amenaza detectada | Colores de advertencia, notificaciones | Enfoque en preparación | Acciones preventivas |
| **Emergencia Activa** | Evacuación iniciada | Modo alto contraste, información crítica | Solo acciones esenciales | Coordinación operacional |
| **Post-Emergencia** | Evacuación completada | Colores neutros, análisis | Evaluación y reportes | Lecciones aprendidas |

La interfaz puede cambiar su apariencia según la urgencia del escenario:

* **Modo Planificación**: Paleta de colores estándar, información detallada.
* **Modo Alerta/Emergencia**: La interfaz cambia a un “modo oscuro” con una paleta de colores de alto contraste. Se eliminan los elementos no esenciales y se destacan las alertas y las acciones recomendadas, minimizando las distracciones.

### 4.3 Adaptabilidad de la Simbología

**Tabla 7: Estándares de Simbología Implementados**

| **Estándar** | **Aplicación** | **Elementos** | **Beneficio** |
| --- | --- | --- | --- |
| **ISO 22324** | Niveles de alerta | Verde, Amarillo, Naranja, Rojo | Comprensión universal |
| **ISO 3864** | Señales de seguridad | Formas, colores, pictogramas | Reconocimiento inmediato |
| **W3C WCAG 2.1** | Accesibilidad | Contraste, tamaño, navegación | Inclusión universal |
| **OGC SLD** | Estilos cartográficos | Simbolización de capas | Interoperabilidad |

* **Estándar Base (ISO 22324)**: Los colores para niveles de alerta (verde, amarillo, naranja, rojo) se basan en la norma ISO 22324, garantizando una comprensión universal.
* **Saliencia Dinámica**: La simbología se ajusta para resaltar la información más relevante. Por ejemplo, en un mapa de congestión, las rutas con un nivel de saturación del 90-100% pueden empezar a parpadear o aumentar de grosor para atraer la atención del operador.
* **Styled Layer Descriptor (SLD)**: El sistema utiliza el estándar OGC SLD para definir los estilos de las capas. Esto permite que los estilos sean portables y puedan ser consumidos por otras herramientas SIG.

### 4.4 Adaptabilidad Responsiva y Multiplataforma

**Tabla 8: Adaptación por Dispositivo**

| **Dispositivo** | **Resolución** | **Interacción** | **Adaptaciones** | **Funcionalidades** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Desktop** | 1920x1080+ | Mouse, teclado | Interfaz completa | Todas las funciones |
| **Tablet** | 1024x768+ | Touch | Controles táctiles, menús colapsables | 90% de funciones |
| **Smartphone** | 375x667+ | Touch | Navegación simplificada, gestos | Funciones esenciales |
| **Pantalla Grande** | 2560x1440+ | Mouse, teclado | Múltiples vistas, información extendida | Funciones avanzadas |

## 5. Casos de Uso y Flujos de Trabajo

### 5.1 Escenarios de Uso Típicos

**Tabla 9: Casos de Uso Detallados**

| **Escenario** | **Actor** | **Objetivo** | **Flujo de Trabajo** | **Tiempo Estimado** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Análisis de Vulnerabilidad** | Planificador Urbano | Identificar áreas críticas | 1. Cargar datos → 2. Ejecutar simulación → 3. Analizar resultados → 4. Generar reporte | 45 minutos |
| **Toma de Decisión Ejecutiva** | Alcalde | Aprobar plan de evacuación | 1. Revisar dashboard → 2. Verificar KPIs → 3. Consultar recomendaciones → 4. Tomar decisión | 10 minutos |
| **Coordinación Operacional** | Jefe de Emergencia | Gestionar evacuación activa | 1. Monitorear estado → 2. Identificar problemas → 3. Reasignar recursos → 4. Comunicar cambios | 5 minutos |
| **Consulta Ciudadana** | Residente | Conocer ruta de evacuación | 1. Ingresar ubicación → 2. Consultar ruta → 3. Verificar albergues → 4. Guardar información | 2 minutos |

### 5.2 Flujo de Trabajo para Análisis de Escenarios

┌─────────────────┐ ┌─────────────────┐ ┌─────────────────┐  
│ CONFIGURACIÓN │ │ EJECUCIÓN │ │ ANÁLISIS │  
│ ESCENARIO │ │ SIMULACIÓN │ │ RESULTADOS │  
│ │ │ │ │ │  
│ • Parámetros │───▶│ • Tiempo real │───▶│ • Visualización │  
│ • Amenazas │ │ • Indicadores │ │ • Métricas │  
│ • Población │ │ • Progreso │ │ • Cuellos botella│  
│ • Recursos │ │ • Alertas │ │ • Recomendaciones│  
└─────────────────┘ └─────────────────┘ └─────────────────┘  
 │ │ │  
 ▼ ▼ ▼  
┌─────────────────┐ ┌─────────────────┐ ┌─────────────────┐  
│ VALIDACIÓN │ │ MONITOREO │ │ REPORTES │  
│ PARÁMETROS │ │ PROGRESO │ │ EJECUTIVOS │  
│ │ │ │ │ │  
│ • Consistencia │ │ • Estado actual │ │ • Resumen │  
│ • Completitud │ │ • Tiempo restante│ │ • Gráficos │  
│ • Rangos válidos│ │ • Recursos │ │ • Conclusiones │  
└─────────────────┘ └─────────────────┘ └─────────────────┘

*Figura 3: Flujo de trabajo para análisis de escenarios*

## 6. Metodología de Validación

La efectividad de las interfaces no es una suposición, sino que se valida empíricamente mediante un protocolo riguroso de evaluación de usabilidad.

### 6.1 Framework de Evaluación

**Tabla 10: Metodología de Validación de Usabilidad**

| **Método** | **Participantes** | **Duración** | **Métricas** | **Criterios de Éxito** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Pruebas de Usabilidad** | 5-8 por perfil | 60 minutos | Tiempo de tarea, errores, satisfacción | Tiempo <objetivo, errores <2%, satisfacción >4/5 |
| **System Usability Scale** | 20+ por perfil | 10 minutos | Puntaje SUS (0-100) | Puntaje >80 (excelente) |
| **Entrevistas Cognitivas** | 3-5 expertos | 45 minutos | Carga cognitiva, comprensión | Comprensión >90% |
| **Análisis Heurístico** | 3 expertos UX | 120 minutos | Violaciones principios | <5 problemas críticos |
| **A/B Testing** | 50+ usuarios | Variable | Conversión, engagement | Mejora significativa (p<0.05) |

### 6.2 Métricas de Desempeño

**Tabla 11: KPIs de Usabilidad e Interfaz**

| **Categoría** | **Métrica** | **Valor Objetivo** | **Método de Medición** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Eficiencia** | Tiempo de interpretación de escenarios | <5 minutos | Pruebas cronometradas |
| **Eficacia** | Tasa de completitud de tareas | >95% | Observación directa |
| **Satisfacción** | Puntaje System Usability Scale | >80 puntos | Cuestionario SUS |
| **Aprendizaje** | Tiempo de capacitación | <30 minutos | Sesiones de entrenamiento |
| **Errores** | Tasa de errores de usuario | <2% | Registro de interacciones |
| **Accesibilidad** | Cumplimiento WCAG 2.1 | Nivel AA | Auditoría automática |

* **Pruebas de Usabilidad**: Se realizan sesiones con usuarios reales de los diferentes perfiles, donde se les pide que completen tareas específicas.
* **Métricas Cuantitativas**: Se mide el **Tiempo de Interpretación de Escenarios** y se calcula el puntaje del **System Usability Scale (SUS)**, con el objetivo de superar los 80 puntos (indicativo de una excelente usabilidad).
* **Métricas Cualitativas**: A través de entrevistas semiestructuradas con usuarios finales, utilizando técnicas de codificación cualitativa.

### 6.3 Protocolo de Testing Continuo

**Tabla 12: Cronograma de Evaluación**

| **Fase** | **Actividad** | **Frecuencia** | **Participantes** | **Entregables** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Desarrollo** | Pruebas de prototipo | Semanal | Equipo interno | Reportes de bugs |
| **Alpha** | Evaluación heurística | Única | Expertos UX | Lista de mejoras |
| **Beta** | Pruebas con usuarios | Mensual | Usuarios finales | Métricas de usabilidad |
| **Producción** | Monitoreo continuo | Continua | Usuarios reales | Analytics de uso |
| **Post-despliegue** | Evaluación de impacto | Trimestral | Stakeholders | Reportes de adopción |

## 7. Implementación Técnica Avanzada

### 7.1 Arquitectura de Microservicios

**Tabla 13: Microservicios de la Interfaz**

| **Servicio** | **Responsabilidad** | **Tecnología** | **API** | **Escalabilidad** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Authentication** | Gestión de usuarios y perfiles | Node.js + JWT | REST | Horizontal |
| **Personalization** | Configuración de interfaces | Python + Redis | REST | Vertical |
| **Visualization** | Renderizado de mapas y gráficos | React + WebGL | WebSocket | Horizontal |
| **Notification** | Alertas y notificaciones | Node.js + Socket.io | WebSocket | Horizontal |
| **Analytics** | Métricas de uso | Python + InfluxDB | REST | Horizontal |

### 7.2 Ejemplo de Implementación

// Ejemplo de componente adaptativo en React  
interface AdaptiveMapProps {  
 userProfile: UserProfile;  
 emergencyLevel: EmergencyLevel;  
 simulationData: SimulationData;  
}  
  
const AdaptiveMap: React.FC<AdaptiveMapProps> = ({  
 userProfile,  
 emergencyLevel,  
 simulationData  
}) => {  
 // Configuración adaptativa basada en perfil  
 const mapConfig = useMemo(() => {  
 switch (userProfile.role) {  
 case 'technical\_analyst':  
 return {  
 layers: ['all\_layers'],  
 controls: ['advanced\_controls'],  
 detail: 'maximum'  
 };  
 case 'municipal\_authority':  
 return {  
 layers: ['critical\_layers'],  
 controls: ['basic\_controls'],  
 detail: 'summary'  
 };  
 case 'citizen':  
 return {  
 layers: ['public\_layers'],  
 controls: ['minimal\_controls'],  
 detail: 'basic'  
 };  
 default:  
 return defaultConfig;  
 }  
 }, [userProfile]);  
  
 // Adaptación por contexto de emergencia  
 const styleConfig = useMemo(() => {  
 return emergencyLevel === 'high'   
 ? highContrastStyle   
 : standardStyle;  
 }, [emergencyLevel]);  
  
 return (  
 <MapContainer  
 config={mapConfig}  
 style={styleConfig}  
 data={simulationData}  
 onInteraction={handleUserInteraction}  
 >  
 <LayerManager layers={mapConfig.layers} />  
 <ControlPanel controls={mapConfig.controls} />  
 <AlertSystem level={emergencyLevel} />  
 </MapContainer>  
 );  
};

## 8. Bibliografía Actualizada

### 8.1 Referencias Fundamentales

* Guerrero, N., Contreras, M., Chamorro, A., Martínez, C., & Echaveguren, T. (2022). Social vulnerability in Chile: challenges for multi-scale analysis and disaster risk reduction. *Natural Hazards, 117*(2), 1827-1859. https://doi.org/10.1007/s11069-023-05978-z
* Nielsen, J., & Landauer, T. K. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. *Proceedings of the INTERACT’93 and CHI’93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, 206-213. https://doi.org/10.1145/169059.169166

### 8.2 Referencias Complementarias

* Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies, 4*(3), 114-123.
* Brooke, J. (1996). SUS: A “quick and dirty” usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189-194). Taylor & Francis.
* Card, S. K., Mackinlay, J. D., & Shneiderman, B. (1999). *Readings in information visualization: Using vision to think*. Morgan Kaufmann Publishers.
* International Organization for Standardization. (2018). *ISO 9241-11:2018 Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts*. ISO.
* International Organization for Standardization. (2016). *ISO 22324:2015 Societal security — Emergency management — Guidelines for colour-coded alert systems*. ISO.
* Krug, S. (2014). *Don’t make me think, revisited: A common sense approach to web usability* (3rd ed.). New Riders.
* Munzner, T. (2014). *Visualization analysis and design*. CRC Press.
* Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things: Revised and expanded edition*. Basic Books.
* Shneiderman, B., Plaisant, C., Cohen, M., Jacobs, S., Elmqvist, N., & Diakopoulos, N. (2016). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction* (6th ed.). Pearson.
* Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (2nd ed.). Graphics Press.
* W3C Web Accessibility Initiative. (2018). *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1*. W3C Recommendation. https://www.w3.org/TR/WCAG21/
* Ware, C. (2020). *Information visualization: Perception for design* (4th ed.). Morgan Kaufmann.

**Pablo Antonio Jordán González**  
Estudiante Doctorado Ciencias de la Ingeniería Mención Informática  
Universidad de Santiago de Chile  
Director de I+D HealthPixel Spa.