

## Fatigómetro Visual Adaptativo — Fundamento Científico y Protocolos

### Propósito

El Fatigómetro Visual Adaptativo es una herramienta de chequeo rápido diseñada para prevenir el burnout en profesionales sanitarios. Detecta signos visuales de fatiga mediante la cámara y genera pautas personalizadas a través de inteligencia artificial (OpenAI GPT-4). Su objetivo es ofrecer una intervención temprana, accesible y empática basada en criterios clínicos reconocidos.

### Pilar 1 — Índice de Fatiga Funcional (IFF)

#### Objetivo

Diseñar un índice compuesto que integre observaciones visuales objetivas, se base en escalas clínicas reconocidas y pueda utilizarse como herramienta de seguimiento y comparación.

#### Estructura del IFF

El IFF es un índice de 0 a 6 puntos, resultado de sumar:

- Componente físico (0 a 3): basado en biomarcadores visuales y patrones de expresión facial
- Componente emocional (0 a 3): derivado de autorreportes o inferencias del lenguaje

#### Componente físico

Inspirado en escalas como KSS y FAS, se construye en base a observaciones tales como:

- **Nivel 0:** mirada estable, bajo parpadeo, tono muscular normal
- **Nivel 1:** signos leves de fatiga ocular o postura pasiva
- **Nivel 2:** párpabras caídas, menor tonicidad facial, mirada vacía
- **Nivel 3:** signos críticos: cierre ocular intermitente, expresión desconectada, cabeza ladeada

Métricas posibles a medir:

- **EAR (Eye Aspect Ratio)**
- **Blink rate (frecuencia de parpadeo)**
- **Inclinación cefálica (head pose estimation)**
- **Pérdida de expresividad facial (facial action units)**

#### Componente emocional

Inspirado en MBI-HSS y OFER-15, se infiere mediante:

- Preguntas autoaplicadas estilo MBI
- Análisis de lenguaje en prompts GPT (uso reiterado de expresiones de saturación, frustración, cinismo, etc.)

#### Validación del IFF

- Comparación con escalas estándar como FAS y OFER-15
- Estudios piloto pre/post turno con personal sanitario
- Cruce de datos con patrones de uso y rendimiento en tareas

## **Pilar 2 — Protocolos de intervención adaptativa**

### **Objetivo**

Definir una respuesta estandarizada por nivel de IFF que permita actuar antes de que la fatiga evolucione hacia el burnout.

### **Niveles de intervención**

<b>IFF</b>	<b>Tipo de intervención</b>	<b>Escala clínica inspiradora</b>	<b>Ejemplo de pauta</b>
0	Refuerzo positivo	FAS	“Todo está en equilibrio, cuidá lo que ya hacés bien.”
1	Microintervención	KSS	“Tomate 2 minutos, hidratate, respirá lento.”
2	Reorganización	OFER-15	“Priorizá tareas, bajá el ritmo una hora.”
3– 4	Frenado activo	MBI	“Delegá. Salí del modo automático. Esto es señal roja.”
5– 6	Alerta de protección	MBI + evidencia clínica	“Frená completamente. Esto no es negociable.”

Las pautas generadas por GPT-4 se adaptan según este esquema.

## **Pilar 3 — Modelo de detección visual con respaldo científico**

### **Objetivo**

Implementar una capa objetiva de observación biométrica que permita correlacionar signos visuales con estados de fatiga en tiempo real, sin contacto.

### **Variables observables**

- Eye Aspect Ratio (EAR)
- Blink rate (parpadeos por minuto)
- Head pose (inclinación de cabeza)
- Facial expressiveness (nivel de activación facial)

### **Herramientas y papers relevantes**

Recurso / Estudio	Qué aporta	Fuente
<b>OpenFace 2.0</b>	Detección de microexpresiones, mirada, head pose	CMU / MIT
<b>rPPG Toolbox / PyVHR</b>	Estimación de HR y variabilidad cardiaca desde cámara	IEEE / PhysioNet
<b>DFAT Dataset</b>	Dataset etiquetado de conductores fatigados	ResearchGate
<b>NUST-VFDD</b>	Imágenes de fatiga ocular y expresiones	Universidad NUST
<b>Facial Fatigue Detection via CNN</b>	Modelos de detección de fatiga visual basados en redes neuronales	PubMed, arXiv

Estas fuentes permiten construir un sistema basado en visión por computadora para estimar el componente físico del IFF.

#### Escalas clínicas de referencia

- **Fatigue Assessment Scale (FAS)** — Michielsen et al., 2003
- **Karolinska Sleepiness Scale (KSS)** — Åkerstedt & Gillberg, 1990
- **OFER-15** — Winwood et al., 2005
- **Maslach Burnout Inventory (MBI-HSS)** — Maslach et al., 1996

#### Conclusión y próximos pasos

El Fatigómetro puede convertirse en una herramienta pionera de autochequeo de fatiga con base científica y uso práctico. Los próximos pasos serán:

- Validación clínica preliminar (estudio piloto)
- Ajuste fino del índice IFF y su visualización
- Incorporación progresiva de biomarcadores visuales
- Publicación como herramienta open source para investigación en salud digital

Este documento puede ser parte del README, dossier de validación o presentación para incubadoras y colaboraciones clínicas.

#### Escalas clínicas de referencia

##### 1. Fatigue Assessment Scale (FAS)

- Autoadministrada, 10 ítems
- Mide fatiga general (mental + física)

- Validada internacionalmente
- **Referencia:** Michielsen et al., 2003

## **2. Karolinska Sleepiness Scale (KSS)**

- Escala de somnolencia inmediata (1-9)
- Muy usada en estudios de fatiga en conductores y medicina del sueño
- **Referencia:** Åkerstedt & Gillberg, 1990

## **3. OFER-15 (Occupational Fatigue Exhaustion/Recovery)**

- Evalúa fatiga aguda, fatiga crónica y capacidad de recuperación en el trabajo
- Útil en entornos sanitarios exigentes
- **Referencia:** Winwood et al., 2005

## **4. Maslach Burnout Inventory (MBI-HSS)**

- Estándar para evaluar burnout emocional, despersonalización y logro personal
- No se usa directamente, pero inspira la componente emocional del modelo

## **Propuesta de Índice de Fatiga Funcional (IFF)**

**IFF = componente físico (0-3) + componente emocional (0-3)**

Escala total de 0 a 6.

### **Componente físico (basado en detección visual):**

- Nivel 0: alerta (mirada firme, bajo parpadeo)
- Nivel 1: inicio de fatiga (parpadeo leve, postura relajada)
- Nivel 2: fatiga visible (párpados caídos, expresión neutra o cansada)
- Nivel 3: fatiga crítica (ojos semicerrados, mirada perdida, cabeza ladeada)

### **Componente emocional (autoevaluación o GPT):**

- Nivel 0: sin carga emocional
- Nivel 1: carga leve
- Nivel 2: saturación moderada
- Nivel 3: agotamiento emocional perceptible (reporte o patrones de uso)

### **Umbral de intervención:**

- $IFF \leq 2$ : reforzamiento positivo
- $IFF 3-4$ : sugerencias activas de recuperación
- $IFF \geq 5$ : alerta de autocuidado urgente (delegar, frenar, comunicar)

## Datasets y repositorios para entrenamiento visual (fase futura)

### Datasets públicos sugeridos:

Dataset	Contenido	Aplicación
<b>DFAT</b>	Videos de conductores con fatiga etiquetada	Reconocimiento de parpadeo, posturas
<b>NUST-VFDD</b>	Imágenes de expresión facial con niveles de fatiga ocular	Entrenamiento de modelos visuales
<b>WESAD</b>	Dataset multimodal de emociones + sensores fisiológicos	Cruzamiento con HRV / EDA
<b>Sleep-EDF (PhysioNet)</b>	Datos EEG / HR de episodios de sueño y somnolencia	Validación biomédica

### Intervenciones sugeridas según nivel

#### Nivel IFF Pauta adaptativa GPT

0	Mantené el ritmo, reforzá hábitos positivos
1	Microdescanso, respiración, pausa breve
2	Reorganizá prioridades, hablá con tu equipo
3	Delegá tareas, frená 10–20 min, pedí apoyo
4	Iniciá recuperación emocional, evitá decisiones críticas
5–6	Frená, pedí ayuda, no continúes sin apoyo

### Bibliografía clave

- Michielsen, H. J., et al. (2003). Fatigue Assessment Scale.
  - Åkerstedt, T., & Gillberg, M. (1990). Subjective and objective sleepiness.
  - Winwood, P. C., et al. (2005). OFER-15 development and validation.
  - Maslach, C., Jackson, S. E., & Leiter, M. P. (1996). MBI-Human Services Survey.
  - Johns, M. W. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth Sleepiness Scale.
-

Este documento está en constante actualización y puede servir como anexo científico del proyecto o como base para validación ante entidades clínicas o instituciones de salud digital.