

🔍 Desmitificando las 189 Características (Features) del Modelo HAR

-

Este documento explica cómo el modelo de Inteligencia Artificial "ve" el movimiento humano. A diferencia de nosotros, que vemos un video continuo, el modelo recibe **189 números** cada vez que intenta adivinar qué estás haciendo.

Estos números provienen de tomar **2.56 segundos** de datos de los sensores (una "ventana") y resumirlos matemáticamente.

🗺️ Mapa del Tesoro: ¿Qué es la posición #180?

Antes de entender los ejemplos, debemos saber qué significa cada posición en el array de 189 números que recibe el modelo.

El sistema tiene **27 canales de sensores** (Acelerómetros, Giroscopios, Magnetómetros en pecho, tobillo y brazo, más magnitudes calculadas).

Para cada uno de estos 27 canales, calculamos 7 estadísticas. El orden es secuencial:

| Rango de Índices | Estadística | ¿Qué representa? |
|------------------|----------------------------------|---|
| 0 - 26 | Promedio (Mean) | La orientación promedio del cuerpo. |
| 27 - 53 | Desviación Estándar (Std) | Qué tanto varía el movimiento (intensidad). |
| 54 - 80 | Mínimos | El pico más bajo de la señal. |
| 81 - 107 | Máximos | El pico más alto de la señal. |
| 108 - 134 | Mediana | El valor central (ignora picos raros). |
| 135 - 161 | Skewness | La asimetría de la señal. |
| 162 - 188 | Energía (FFT) | La fuerza o periodicidad del movimiento. |

⌚ Localizando el Ejemplo: Posición #180

Si miramos el último bloque (Energía, empieza en 162), la posición **#180** corresponde al índice 18 de ese bloque. En nuestra lista de sensores, el canal 18 es el **Giroscopio del Brazo (Eje Y)**.

Feature #180 = Energía del Giro en el Brazo (Y)

🔍 ¿Por qué usamos estas matemáticas? (Con Ejemplos)

El modelo usa estas estadísticas para descartar opciones hasta quedarse con la correcta. Veamos cómo piensa:

1. El Promedio (Mean): "La Brújula de la Gravedad"

El promedio nos dice hacia dónde apunta el sensor la mayor parte del tiempo, aprovechando que la gravedad de la Tierra siempre tira hacia abajo.

- **Ejemplo (Acelerómetro Pecho X):**

- **De Pie (Standing):** La gravedad afecta al eje Y o Z, pero el X (lateral) debería ser cercano a **0**.
- **Acostado de lado (Lying):** Ahora el eje X recibe toda la gravedad. El promedio salta a **~9.8**.
- *El modelo piensa:* "Si el promedio en X es alto, seguro está acostado".

2. Desviación Estándar (Std): "El Detector de Agitación"

Mide qué tanto se alejan los datos del promedio. Es decir, ¿estás quieto o te mueves como loco?

- **Ejemplo (Acelerómetro Tobillo):**

- **Sentado (Sitting):** Tu pie está quieto. La desviación es **casi 0**.
- **Corriendo (Running):** Tu pie golpea el suelo y sube violentemente. La desviación es **gigante (> 15)**.
- *El modelo piensa:* "Std bajita = Sedentario. Std alta = Ejercicio".

3. Máximos y Mínimos: "Los Límites del Golpe"

Detectan impactos fuertes o movimientos bruscos en una dirección.

- **Ejemplo (Saltar / Jump front & back):**

- Al saltar y caer, hay un impacto seco. El **Máximo** del acelerómetro vertical se disparará momentáneamente a valores extremos (ej. **20 m/s²**), aunque el promedio sea normal.
- *El modelo piensa:* "Promedio normal pero Máximo explosivo = Saltos".

62: ### 4. Skewness (Asimetría): "El Detector de Impactos" Mide si el movimiento es "equilibrado" (simétrico) o si tiene "golpes" hacia un solo lado.

- **Ejemplo (Simetría vs Impacto):**

- **Caminar (Simétrico):** Tu brazo va adelante y atrás con la misma fuerza. Es como un péndulo. El Skewness es **cercano a 0**.
- **Subir Escaleras (Asimétrico):** Das un golpe fuerte al pisar el escalón (pico alto) y levantas el pie suavemente. Es como dar un martillazo. El Skewness será **alto (Positivo o Negativo)**.
- *El modelo piensa:* "Si hay golpes secos en una dirección, no es caminar plano".

5. Energía (FFT): "El Ritmo del Movimiento"

Aquí está nuestro ejemplo estrella. La energía se calcula usando la Transformada de Fourier, que mide qué tan "repetitiva" y fuerte es una señal.

💡 El Caso de la Posición #180 (Energía Giroscopio Brazo Y)

Imagina dos actividades: **Ciclismo** vs **Trotar**.

1. Ciclismo:

- Tus manos están fijas en el manubrio. Aunque tus piernas se mueven rápido, tus brazos están relativamente estables.
- **Dato #180:** Será un valor **BAJO** (ej. 50 - 200).

2. Trotar (Jogging):

- Tus brazos se balancean rítmicamente adelante y atrás para impulsarte.
- Ese balanceo constante genera una señal sinusoidal perfecta en el giroscopio.
- **Dato #180:** Será un valor **ALTO** (ej. 2000 - 5000).

La Deducción del Modelo:

"Veo que la Energía en las piernas es alta en ambos casos (ambos cansan). PERO, miro el **Dato #180**.

- ¿Es **bajo**? -> Los brazos están quietos -> Debe ser **Ciclismo**.
- ¿Es **alto**? -> Los brazos se balancean -> Debe ser **Trotar**."

Resumen de Rangos Típicos

Para darte una idea de los valores que ve el modelo:

| Actividad | Promedio (Ejes Verticales) | Desviación Estándar | Energía (Pos #180 - Brazo) |
|-------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Dormir / Quietos | ~9.8 (Gravedad constante) | < 0.5 (Casi nula) | 0 - 10 (Inexistente) |
| Caminar | ~9.8 (Con ruido) | 2.0 - 5.0 (Moderada) | 500 - 1500 (Balanceo suave) |
| Correr | Variable | > 10.0 (Caótica) | > 3000 (Balanceo intenso) |
| Ciclismo | Estable | Alta en piernas, Baja en brazos | Baja (Manos en manubrio) |

El modelo no "adivina". Resuelve un sistema de 189 desigualdades matemáticas simultáneamente para encontrar la única actividad que encaja con todas las pistas.

¿Qué son las "Ventanas" y los 2.56 segundos?

Para entender el movimiento, no podemos mirar un solo instante (como una foto); necesitamos ver una secuencia (como un clip de video).

1. Muestreo (50 Hz):

- Los sensores toman una medición **50 veces por segundo**.

2. La Ventana (Window):

- El modelo agrupa **128 de estas mediciones consecutivas** en un bloque para analizarlo.
- A este bloque le llamamos "**Ventana**".

3. El Cálculo de 2.56s:

- Si tomamos 128 muestras a una velocidad de 50 por segundo:

- 128 muestras / 50 muestras/segundo = 2.56 segundos.
- Cada vez que el modelo hace una predicción, está juzgando lo que hiciste en esos exactos 2.56 segundos.

Sobre el Solapamiento (Overlap)

Para no perder detalles entre una ventana y otra, usamos un solapamiento del 50% (64 muestras). Esto significa que la siguiente ventana comienza a la mitad de la anterior.

- **Ventana 1:** Segundos 0.00 a 2.56
 - **Ventana 2:** Segundos 1.28 a 3.84
 - Esto nos permite detectar actividades que ocurren justo en el corte de los bloques.
-

Lista Completa de Índices y Bloques

El vector de **189 características (features)** se construye procesando **27 señales base**. Para cada señal, calculamos 7 estadísticas en el siguiente orden de bloques:

1. **Mean (Promedios):** Índices 0-26
2. **Std (Desviación):** Índices 27-53
3. **Min (Mínimos):** Índices 54-80
4. **Max (Máximos):** Índices 81-107
5. **Median (Mediana):** Índices 108-134
6. **Skewness (Asimetría):** Índices 135-161
7. **Energy (Energía):** Índices 162-188

Las 27 Señales Base (y su orden dentro de cada bloque)

Dentro de cada uno de los 7 bloques anteriores, los datos siguen este estricto orden de sensores:

| Índice Relativo | Sensor / Señal | Ubicación |
|-----------------|----------------|-----------|
| +0 | Aceleración X | Pecho |
| +1 | Aceleración Y | Pecho |
| +2 | Aceleración Z | Pecho |
| +3 | ECG 1 | Pecho |
| +4 | ECG 2 | Pecho |
| +5 | Aceleración X | Tobillo |
| +6 | Aceleración Y | Tobillo |
| +7 | Aceleración Z | Tobillo |
| +8 | Giroscopio X | Tobillo |
| +9 | Giroscopio Y | Tobillo |
| +10 | Giroscopio Z | Tobillo |

| Índice Relativo | Sensor / Señal | Ubicación |
|-----------------|-----------------------|---------------------|
| +11 | Magnetómetro X | Tobillo |
| +12 | Magnetómetro Y | Tobillo |
| +13 | Magnetómetro Z | Tobillo |
| +14 | Aceleración X | Brazo |
| +15 | Aceleración Y | Brazo |
| +16 | Aceleración Z | Brazo |
| +17 | Giroscopio X | Brazo |
| +18 | Giroscopio Y | Brazo |
| +19 | Giroscopio Z | Brazo |
| +20 | Magnetómetro X | Brazo |
| +21 | Magnetómetro Y | Brazo |
| +22 | Magnetómetro Z | Brazo |
| +23 | <i>Magnitud Acc.</i> | (Calculado Tobillo) |
| +24 | <i>Magnitud Giro.</i> | (Calculado Tobillo) |
| +25 | <i>Magnitud Acc.</i> | (Calculado Brazo) |
| +26 | <i>Magnitud Giro.</i> | (Calculado Brazo) |

💻 Cómo calcular un índice específico

Si quieres encontrar, por ejemplo, el **Máximo del Magnetómetro X del Brazo**:

1. Busca el bloque **Max**: Empieza en el índice **81**.
2. Busca la señal **Magnetómetro X (Brazo)**: Es el relativo **+20**.
3. Suma: **81 + 20 = 101**.
4. Esa feature está en la posición **#101**.

❖ ¿Por qué funciona esta suma? (La Lógica de la Posición)

La razón es simple: **Concatenación (Pegar listas una tras otra)**.

El modelo no entiende de estructuras complejas, solo ve una **única lista larga** de números. Para construirla, el código toma los bloques de estadísticas y los pone en fila india.

Imagina un tren con **7 vagones**:

- Cada vagón es una estadística (Promedio, Desviación, etc.).
- Cada vagón tiene exactamente **27 asientos** (uno para cada sensor).

1. **Vagón 1 (Promedios)**: Ocupa los asientos del **0 al 26**.

2. **Vagón 2 (Desviación):** Se conecta justo detrás. Su primer asiento no es el 0, es el **27** (porque ya pasaste los 27 asientos del primer vagón).
3. **Vagón 3 (Mínimos):** Se conecta detrás. Empieza en el **54** (27 del primero + 27 del segundo).
 - ... Y así sucesivamente.

La Fórmula:

Posición Final = (Inicio del Vagón) + (Asiento del Sensor)

- "**Inicio del Vagón**": Es el *Índice Base* del bloque (por ejemplo, el bloque **Max** empieza en el 81 porque hay **27 * 3 = 81** números antes de él).
- "**Asiento del Sensor**": Es el *Índice Relativo*. El sensor "Magnetómetro X Brazo" siempre se sienta en el asiento número **20** de *cualquier* vagón.

Por eso, la suma determina la posición única: **81 (Saltar los vagones anteriores) + 20 (Caminar hasta el asiento del sensor) = Posición #101**. Posición #101**. El orden es estricto y nunca cambia.

? ¿Por qué se repiten los números (+0 al +26)?

Te estarás preguntando por qué tenemos el mismo índice **+0** o **+5** siete veces diferentes. La respuesta es que **son los mismos sensores**, pero vistos con lentes diferentes.

Imagina un examen médico a **27 pacientes** (los sensores):

1. **Ronda 1 (Promedio):** Les tomas la temperatura a los 27 pacientes (en orden del 0 al 26).
2. **Ronda 2 (Máximo):** Les tomas la presión a los **mismos 27 pacientes** (en el mismo orden del 0 al 26).
3. **Ronda 3 (Energía):** Les mides la altura a los **mismos 27 pacientes**.

Los pacientes (sensores) son los mismos y están formados en el mismo orden. Lo único que cambia es **qué les estás midiendo** (la estadística). Por eso el índice relativo (+0 a +26) se repite en cada bloque.

Detalles Técnicos "Invisibles" (Pero Vitales)

Para cerrar, hay dos cosas que ocurren "bajo el capó" y son cruciales para que esto funcione:

1. La Normalización (Scaler)

Aunque tú veas un **9.8** en el acelerómetro y un **5000** en la energía, el modelo recibiría un shock si ve números tan diferentes. Antes de entrar al modelo, **todos los números se transforman (Estandarización Z-Score)**.

- Al 9.8 le restamos el promedio histórico y lo dividimos por la desviación.
- Quizás el 9.8 se convierte en un **0.1** y el 5000 se convierte en un **1.2**.
- **¿Por qué?** Para que la Energía (que es enorme) no eclipse a la Aceleración (que es pequeña) a la hora de votar. Es como convertir peras y manzanas a "puntos" para poder sumarlos.

2. La Clase 0 (El "Limbo")

En los datos originales, verás muchas filas con la etiqueta **label: 0**.

- Estas filas representan momentos donde el sujeto no estaba haciendo ninguna de las 12 actividades definidas (ej. esperando instrucciones, bebiendo agua, ajustándose el sensor).

- **Importante:** El sistema **elimina** automáticamente todo lo que sea 0. No entrenamos con "basura" ni intentamos predecirla. Si subes un archivo lleno de ceros, el sistema te dirá que no encontró ventanas válidas.

3. Las Unidades Reales

Para que los ejemplos de "Máximos" o "Promedios" tengan sentido, recuerda las unidades físicas:

- **Acelerómetros:** Metros por segundo cuadrado (m/s^2). (Gravedad ≈ 9.8).
- **Giroscopios:** Radianes por segundo (rad/s) o Grados por segundo (deg/s) según configuración. Miden velocidad de giro.
- **Magnetómetros:** Micro-Teslas (μT). Miden el campo magnético (como una brújula 3D).