

Posturas Físicas y Correlaciones en HAR

Orientación del Dispositivo e Interpretación de Señales

Proyecto Human Activity Recognition

1. Contexto: Sistema de Coordenadas

El smartphone (Samsung Galaxy S II) se coloca en la **cintura del usuario**, con una orientación específica que define los ejes:

Sistema de Ejes del Dispositivo

- **Eje X:** Apunta hacia la **derecha** del usuario (lateral)
- **Eje Y:** Apunta hacia **arriba** (vertical, paralelo al torso)
- **Eje Z:** Apunta hacia **afuera** del cuerpo (perpendicular al torso)

Importante: La **gravedad** ($g \approx 1$ en unidades normalizadas) siempre apunta hacia abajo. Dependiendo de la postura del usuario, esta gravedad se proyecta en diferentes ejes del dispositivo.

2. Posturas y Orientación Gravitacional

2.1. LAYING (Acostado)

Postura: Acostado

Descripción física: El usuario está acostado boca arriba (o boca abajo). El torso está horizontal.

Orientación gravitacional:

- La **gravedad apunta hacia el eje Z** (perpendicular al torso)
- $\text{total_acc_z} \approx \pm 1g$ (dependiendo de si está boca arriba o abajo)
- $\text{total_acc_x} \approx 0g$
- $\text{total_acc_y} \approx 0g$

Movimiento corporal:

- $\text{body_acc} \approx 0$ en todos los ejes (sin movimiento)
- $\text{body_gyro} \approx 0$ en todos los ejes (sin rotación)

Característica distintiva: Es la única postura donde la gravedad está dominante en Z.

2.2. STANDING (De pie)

Postura: De Pie

Descripción física: El usuario está erguido, con el torso vertical.

Orientación gravitacional:

- La **gravedad apunta hacia el eje Y negativo** (hacia abajo del torso)
- $\text{total_acc_y} \approx 1g$ (o $-1g$ dependiendo de la convención de signos)
- $\text{total_acc_x} \approx 0g$
- $\text{total_acc_z} \approx 0g$

Movimiento corporal:

- $\text{body_acc} \approx 0$ (sin movimiento, postura estática)
- Pequeñas oscilaciones por equilibrio postural (balanceo natural)

Diferencia con SITTING: Ambas tienen gravedad en Y, pero el ángulo del torso difiere ligeramente.

2.3. SITTING (Sentado)

Postura: Sentado

Descripción física: El usuario está sentado, con el torso ligeramente inclinado.

Orientación gravitacional:

- La **gravedad principalmente en eje Y**, pero con componente en Z
- $\text{total_acc_y} \approx 0.9g$ (torso inclinado hacia atrás)
- $\text{total_acc_z} \approx 0.1g$ a $0.3g$ (pequeño componente)
- $\text{total_acc_x} \approx 0g$

Movimiento corporal:

- $\text{body_acc} \approx 0$ (sin movimiento)

Por qué se confunde con STANDING: Ambas son estáticas con gravedad dominante en Y. La diferencia es sutil y depende de la inclinación del torso.

3. Actividades Dinámicas

3.1. WALKING (Caminando)

Actividad: Caminando

Descripción física: El usuario camina en línea recta sobre superficie plana.

Orientación gravitacional:

- Gravedad principalmente en **eje Y** (torso vertical mientras camina)
- $\text{total_acc_y} \approx 1g$ (con oscilaciones superpuestas)

Movimiento corporal (lo que distingue del estar parado):

- **body_acc_x:** **Oscilaciones rítmicas** (movimiento lateral de cadera)
- **body_acc_y:** **Oscilaciones verticales** (subir/bajar al dar pasos)
- **body_acc_z:** **Oscilaciones adelante-atrás** (impulso del paso)
- **Patrón periódico:** 2 Hz (≈ 2 pasos por segundo)

Giroscopio:

- Oscilaciones rítmicas en todos los ejes
- Refleja la rotación de la cadera durante el ciclo de paso

3.2. WALKING_UPSTAIRS (Subiendo Escaleras)

Actividad: Subiendo Escaleras

Descripción física: El usuario sube escaleras.

Características distintivas:

- **Mayor amplitud vertical:** Cada paso implica mayor elevación
- **body_acc_y:** Picos más pronunciados (esfuerzo de subir)
- **Torso ligeramente inclinado hacia adelante**
- Frecuencia del paso **menor** que caminar plano (más lento)

Giroscopio: Mayor rotación en ejes debido al esfuerzo de elevación.

3.3. WALKING_DOWNSTAIRS (Bajando Escaleras)

Actividad: Bajando Escaleras

Descripción física: El usuario baja escaleras.

Características distintivas:

- **Impacto en cada paso:** Mayor deceleración al “caer” en cada escalón
- **body_acc_y:** Picos de **impacto** más bruscos
- **Torso ligeramente inclinado hacia atrás** (para frenar)
- Patrón de aceleración asimétrico (diferente a subir)

4. Resumen: Orientación por Postura

Actividad	total_acc_x	total_acc_y	total_acc_z	body_acc
LAYING	≈ 0	≈ 0	≈ ±1g	≈ 0
STANDING	≈ 0	≈ 1g	≈ 0	≈ 0
SITTING	≈ 0	≈ 0.9g	≈ 0.1-0.3g	≈ 0
WALKING	≈ 0	≈ 1g	≈ 0	Oscilaciones rítmicas
WALKING_UPSTAIRS	≈ 0	≈ 0.9g	≈ 0.2g	Oscilaciones + mayor Y
WALKING_DOWNSTAIRS	≈ 0	≈ 1g	≈ 0	Oscilaciones + impactos

5. Interpretación Física de la Matriz de Correlaciones

La matriz de correlaciones muestra cómo se relacionan las señales de los 9 canales entre sí.

5.1. Correlaciones Significativas Observadas

Correlaciones Negativas Fuertes (Azul Oscuro)

1. body_gyro_x ↔ body_gyro_y: $r = -0.74$

Interpretación física: Cuando la cadera rota en el eje X (inclinación lateral), simultáneamente rota en dirección opuesta en el eje Y. Esto ocurre durante el **ciclo de paso**: al levantar una pierna, la cadera se inclina hacia un lado (rotación X) mientras también rota hacia adelante (rotación Y en dirección opuesta).

En la vida real: Imagina caminar – cuando levantas la pierna derecha, la cadera se inclina hacia la izquierda (rotación X) y simultáneamente rota para impulsar esa pierna hacia adelante (rotación Y en sentido contrario).

2. total_acc_x ↔ total_acc_y: $r = -0.80$

Interpretación física: Esta es una relación **geométrica/trigonométrica**. Como la gravedad es un vector constante ($|g| = 1$), si el dispositivo se inclina de forma que aumenta la componente en X, necesariamente **disminuye** la componente en Y:

$$g_x^2 + g_y^2 + g_z^2 = 1 \implies \text{si } g_x \uparrow, \text{ entonces } g_y \downarrow$$

En la vida real: Si te inclinas hacia la derecha (aumenta la gravedad en X), estás “quitando” gravedad del eje Y.

3. total_acc_x ↔ total_acc_z: $r = -0.66$

Interpretación física: Similar al anterior. Inclinarse lateralmente (X) reduce la componente perpendicular al torso (Z). Menos pronunciado porque Z típicamente ya es pequeño en posturas erguidas.

Correlaciones Positivas Fuertes (Rojo Oscuro)

total_acc_y ↔ total_acc_z: $r = +0.66$

Interpretación física: En las transiciones entre posturas (por ejemplo, de parado a sentado o a acostado), cuando se reduce Y (el torso deja de estar vertical), **aumenta Z** (la gravedad se proyecta más hacia afuera del cuerpo).

En la vida real: Al sentarte o acostarte, tu torso pasa de vertical (gravedad en Y) a horizontal (gravedad en Z). Durante esta transición, Y baja y Z sube **simultáneamente**.

5.2. Por Qué body_acc y total_acc NO Están Correlacionados

Correlaciones Cercanas a Cero

Las correlaciones entre **body_acc** y **total_acc** son muy bajas ($|r| < 0.1$).

Interpretación: Miden fenómenos **independientes**:

- **total_acc:** Orientación estática (dónde apunta la gravedad)
- **body_acc:** Movimiento dinámico (aceleración del cuerpo en movimiento)

Ejemplo: Una persona puede estar **acostada pero moviéndose** ($\text{body_acc} \neq 0$, $\text{total_acc_z} \approx 1g$) o **de pie pero quieta** ($\text{body_acc} \approx 0$, $\text{total_acc_y} \approx 1g$).

Conclusión: Esto confirma que usar **ambas** señales es valioso – aportan información complementaria, no redundante.

6. Conclusión: Por Qué Importa Entender las Posturas

1. **Para actividades estáticas** (LAYING, SITTING, STANDING): La clave está en **total_acc** – revela la orientación del torso mediante la proyección de la gravedad.
2. **Para actividades dinámicas** (WALKING*): La clave está en **body_acc** y **body_gyro** – revelan los patrones de movimiento (ritmo, amplitud, impactos).
3. **Las correlaciones** reflejan restricciones físicas reales:
 - La gravedad es un vector unitario → correlaciones negativas entre ejes de **total_acc**
 - El ciclo de paso involucra rotaciones coordinadas → correlación en **body_gyro**
4. **Por qué la CNN funciona:** Aprende estas relaciones físicas automáticamente a partir de los datos, distinguiendo patrones que caracterizan cada actividad.