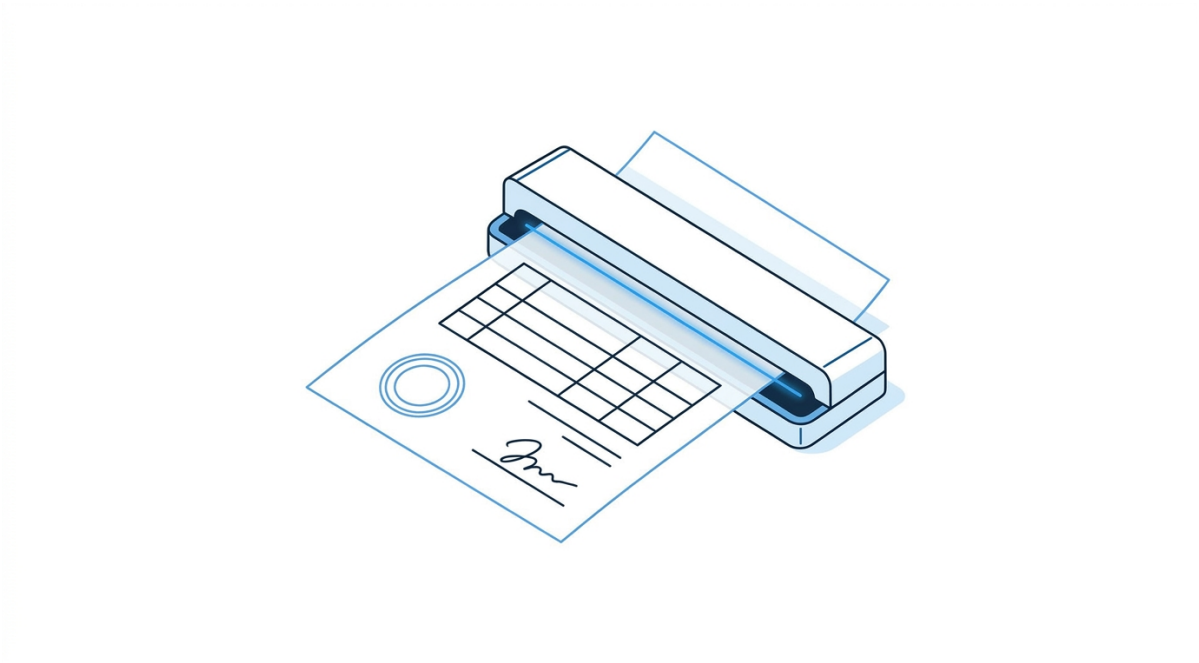
> **LO ESENCIAL · Módulo 7 · Documentos y OCR**
>
> El ruteo por niveles y por qué convertir a texto plano destruye información. Medición campo por campo.

7.1 · El ruteo por niveles



Documentos y OCR

> Objetivos
>
> - Clasificar un documento en PDF con texto, OCR clásico, parser o VLM
> - Justificar el costo de cada nivel

No todos los documentos se leen igual

Una factura electrónica en PDF, una remisión escaneada torcida, un contrato con sellos y firmas, y una foto de celular de una cotización son cuatro problemas distintos. Tratarlos igual —«pasarlo todo por el modelo grande»— es caro y falla. El **ruteo por niveles** manda cada documento al método más barato que lo resuelve.

Nivel	Método	Costo	Cuándo	Qué falla
0	PDF con capa de texto → extracción directa	ínfimo	facturas electrónicas, documentos generados por software	nada, si la capa es fiel
1	OCR clásico (Tesseract o similar)	bajo, CPU	escaneos limpios, texto corrido	tablas, columnas, sellos, manuscrito
2	Modelo especializado de *parsing* (layout + OCR)	medio	formularios, tablas, facturas escaneadas	manuscrito, fotos malas
3	VLM generalista	alto	fotos de celular, layouts raros, manuscrito legible	cifras exactas (inventa), páginas densas

`[VOLÁTIL — verificado: 2026-09]` en herramientas; el criterio de escalar solo cuando el nivel inferior falla es estable.

El router

```python
# router.py — decide el nivel por evidencia barata, no por el nombre del archivo
import fitz, subprocess, json, sys
def nivel(ruta):
    doc = fitz.open(ruta)
    texto = "".join(p.get_text() for p in doc)
    if len(texto.strip()) > 100 * len(doc):          # ~100 chars/página de capa real
        return 0, "capa de texto"
    pix = doc[0].get_pixmap(dpi=72)
    if pix.width < 800:                               # foto de celular / baja resolución
        return 3, "baja resolución → VLM"
    # OCR rápido de prueba en la primera página
    ocr = subprocess.run(["tesseract", "-l", "spa", "-", "-", "--psm", "6"], input=pix.tobytes("
    png"), capture_output=True).stdout.decode()
    if len(ocr.split()) > 80 and "|" not in ocr and ocr.count("\n\n") < 5:
        return 1, "escaneo limpio → OCR"
    return 2, "layout complejo → parser"
for r in sys.argv[1:]: print(r, *nivel(r))
```

Corra sobre 30 documentos mezclados del cliente. Lo que debe ver: una mayoría en 0 y 1 (baratos), una minoría en 2, y muy pocos en 3. Si la mayoría cae en 3, el problema es cómo el cliente digitaliza, y eso se arregla con un escáner, no con un modelo.

> PROCEDIMIENTO · **Laboratorio 7.1**
>
> **Entregable:** `router.py` y `labs/07-01/ruteo.csv` con las 30 decisiones y, para 10 de ellas, la verificación manual de que el nivel fue el correcto. Commit: «Capa 7.1: router».

Qué se degrada en cada perfil

A — Niveles 0–1 sin problema; nivel 2 lento; nivel 3 impracticable en vivo (lote nocturno)

B — Niveles 0–2 en vivo; nivel 3 con VLM pequeño

C — Todos en vivo

Cuándo NO usar esto **El ruteo por niveles**

- No mande todo al VLM «porque lee todo»: lee todo y **se equivoca en cifras**. Módulo 7.4 lo mide.
- No use OCR clásico en tablas: devuelve una sopa de números sin columnas.

PRÁCTICA · **Práctica**

1. Un contrato de 20 páginas, escaneado, con sellos en 3. ¿Un nivel para todo el documento o por página? Justifique.
2. ¿Qué cambia en el router si el cliente compra un escáner de 300 dpi?

Referencias

1. Tesseract OCR — https://github.com/tesseract-ocr/tesseract
2. Docling — https://github.com/docling-project/docling `[VOLÁTIL — verificado: 2026-09]`
3. PyMuPDF — https://pymupdf.readthedocs.io/

7.2 · Por qué texto plano destruye layouts

> Objetivos
>
> - Comparar tres conversiones del mismo formulario
> - Detectar tablas, columnas, sellos y firmas perdidos

Lo que se pierde al «convertir a texto»

Un PDF de una factura tiene columnas: descripción, cantidad, precio, total. Al extraer «el texto» se obtiene una lista de palabras en orden de lectura, y el orden de lectura de una tabla **no es el de las filas**. El resultado es correcto letra por letra e inútil como dato.

Lo mismo con: columnas de un contrato, notas al pie, sellos que se superponen al texto, firmas, casillas marcadas, y cualquier cosa cuya información esté en **dónde** está y no solo en **qué** dice.

> PROCEDIMIENTO · **Laboratorio 7.2 · el mismo formulario, tres conversiones**
>
> Tome un formulario escaneado con una tabla de 5 filas (una remisión sirve) y conviértalo de tres formas:
>
> ```
> cd ~/labs/el-tornillo && mkdir -p labs/07-02 && cd labs/07-02
> # 1) texto plano por OCR clásico
> tesseract remision.png salida-ocr -l spa --psm 6
> # 2) parser con estructura (Markdown con tablas)        [VOLÁTIL — verificado: 2026-09]
> docling remision.pdf --to md --output salida-parser
> # 3) VLM: "Transcriba esta remisión como tabla Markdown" con la imagen adjunta
> python3 vlm.py remision.png "Transcriba la tabla de esta remisión en Markdown, sin
>     inventar celdas." > salida-vlm.md
> ```
>
> Compare las tres contra la remisión real, celda por celda:
>
> | | Filas correctas | Cifras correctas | Encabezados | Tiempo |
> |---|---|---|---|---|
> | OCR clásico | | | | |
> | Parser con layout | | | | |
> | VLM | | | | |
>
> Lo que debe ver `[VOLÁTIL — verificado: 2026-09]`, típicamente: el OCR clásico tiene las cifras pero pierde las filas; el parser conserva la tabla; el VLM conserva la tabla **y a veces cambia una cifra**. Esa última fila es la razón de la lección 7.4.
> **Entregable:** las tres salidas y la tabla comparativa. Commit: «Capa 7.2: lo que destruye el texto plano».

Qué se degrada en cada perfil

A — OCR y parser en CPU (segundos por página); VLM solo en lote

B — Los tres en vivo

Cuándo NO usar esto **Por qué texto plano destruye layouts**

- No convierta a Markdown un documento cuyo valor está en el layout exacto (un plano, un formulario oficial que hay que reproducir): ahí se guarda la imagen y se

extraen **campos**.

PRÁCTICA · **Práctica**

1. ¿Por qué el orden de lectura de una tabla de dos columnas sale «columna 1 entera, luego columna 2» en muchos OCR?
2. Proponga cómo detectar automáticamente que una conversión destruyó una tabla.

Referencias

1. Docling — informe técnico: arXiv:2408.09869 (2024).
2. Tesseract — modos de segmentación de página (`--psm`): documentación del proyecto.

7.3 · Extracción con esquema

> Objetivos
>
> - Extraer campos con confianza por campo
> - Rechazar y encolar lo que no cumple el esquema

Campos, no texto

La salida útil de un documento para la PyME no es su transcripción: son sus **campos**. Número, fecha, proveedor, NIT, líneas, totales. La extracción con esquema (módulo 5.2) se aplica aquí sobre la salida del nivel que decidió el router, y añade **confianza por campo** y una regla de **rechazo** clara.

Confianza por campo

El modelo declara, por campo, cuánto confía (0–1). No es una probabilidad calibrada, pero **ordena**: los campos con 0,4 se equivocan mucho más que los de 0,95. Umbral inicial: 0,8. Se ajusta con la medición de 7.4.

Reglas de coherencia además del esquema: `subtotal + iva = total`; `fecha` no futura ni anterior a 10 años; `nit` con dígito de verificación válido (algoritmo de la DIAN); `numero` único en la base.

PROCEDIMIENTO · **Laboratorio 7.3 · extractor de facturas de proveedor**

`labs/07-03/extraer_factura.py` = router (7.1) + conversión (7.2) + extracción con esquema (5.2) + coherencia + decisión (aceptar / revisar). Corra sobre 40 facturas.

```
python3 extraer_factura.py facturas/*.pdf --salida resultados.jsonl
python3 - <<'PY'
import json
r=[json.loads(l) for l in open("resultados.jsonl")]
print("aceptadas:", sum(1 for x in r if not x.get("_revision_humana")), "· a revisión:",
    sum(1 for x in r if x.get("_revision_humana")))
PY
```

Lo que debe ver: una mayoría aceptada y una minoría a revisión, **con el motivo**. Una tasa de revisión del 10–25 % al principio es normal; baja con 7.4.
Entregable: el extractor y `resultados.jsonl`. Commit: «Capa 7.3: extracción».

Qué se degrada en cada perfil

A — Lote nocturno: 40 facturas en decenas de minutos

B — En vivo: segundos por factura

Cuándo NO usar esto **Extracción con esquema**

- No baje el umbral de confianza para «aceptar más»: acepta más errores. El umbral se mueve con la medición, no con la prisa.
- No extraiga sin coherencia: un JSON válido con `total` inventado pasa el esquema.

PRÁCTICA · **Práctica**

1. Implemente la verificación del dígito de verificación del NIT.
2. Una factura trae dos IVA distintos (19 % y 5 %). ¿Cómo cambia el esquema?

Referencias

1. DIAN — dígito de verificación del NIT: documentación pública de la DIAN (algoritmo módulo 11).
2. Módulo 5.2 de este curso — el esquema y la validación.

7.4 · Set de prueba con documentos reales y medición cam-po a campo

Objetivos

- Anotar 40 documentos del cliente
- Reportar precisión por campo, no «funciona»

«Funciona» no es un número

Antes de entregar un extractor se construye un **set de prueba** con documentos **del cliente** —no de internet— anotados a mano, y se mide **campo por campo**. Es la única forma de decir «lee bien el 96 % de los totales» en vez de «funciona».

Construir el set

1. **40 documentos representativos**: los 3–4 proveedores principales, distintas calidades de escaneo, al menos 5 «raros» (manuscritos, sellos encima, fotos).
2. **Anotación a mano**, por dos personas para 10 de ellos (para medir el desacuerdo humano: si dos personas no coinciden en un campo, el modelo tampoco va a coincidir).
3. **Anonimizar** lo que no sea del proveedor (nombres de personas), pero **no** alterar cifras ni layouts: el set tiene que ser fiel.
4. Guardar como `set/NNN.pdf` + `set/esperado.json`, con el hash de cada PDF.

Medir

```
# medir.py — exactitud por campo, y qué documentos fallan
import json
esp = json.load(open("set/esperado.json")); res = json.load(open("resultados.json"))
campos = ["numero","fecha","proveedor","nit","subtotal","iva","total"]
for c in campos:
    ok = sum(res[d][c] == esp[d][c] for d in esp)
    print(f"{c:10s} {ok/len(esp)*100:5.1f} %   fallan: {[d for d in esp if res[d][c] != esp[d][c
    ]][:5]}")
```

Lo que debe ver: un porcentaje por campo y **qué documentos** fallan. Los campos con menos del 95 % son donde se trabaja: casi siempre `proveedor` (nombres largos) y `numero` (prefijos raros), casi nunca `total`.

Qué se hace con la tabla

Resultado	Acción
un campo < 90 % en **todos** los proveedores	el prompt o el esquema de ese campo
un campo < 90 % en **un** proveedor	regla específica (o pedirle al proveedor un formato)
fallan los 5 «raros»	están en el nivel de router equivocado (7.1)
el desacuerdo humano es alto	el campo está mal definido; se redefine con el cliente

Entregable: `set/` (40 documentos, `esperado.json`), `medir.py`, y la tabla por campo en `labs/07-04/medicion.md` con la fecha. Commit: «Capa 7: extractor medido».

Nada en la medición. En A, correr el set completo tarda una hora; se hace de noche.

Cuándo NO usar esto **Set de prueba con documentos reales y medición campo a campo**

- No mida con los mismos documentos con los que ajustó el prompt: sepárelos (20 para ajustar, 20 para medir).
- No reporte el promedio de todos los campos: esconde el campo malo.

PRÁCTICA · **Práctica**

1. `total` 99 %, `proveedor` 78 %. ¿Qué le dice al cliente y qué hace primero?
2. Diseñe cómo crece el set cada mes sin que la medición deje de ser comparable.

Referencias

1. Módulo 12 de este curso — este set se convierte en el eval permanente.
2. Módulo 2.3 — la anonimización del set respeta la política de datos.