

Flujo de Potencia para HP Prime

`Flujo de Potencia.hpprgm` — un solo programa con interfaz gráfica que resuelve flujos de potencia en la calculadora, con cinco métodos:

Método	Tipo	Qué entrega
Gauss-Seidel	iterativo	voltajes complejos, P / Q de actualización, potencias calculadas, pérdidas
Newton-Raphson	iterativo	$H \ N \ M \ L$, Jacobiano reducido, desbalances, residuos, pérdidas
Desacoplado	iterativo	H y L exactas por iteración, residuos, pérdidas
Desacoplado rápido	iterativo	B' y B'' constantes, residuos, pérdidas
Flujo DC	directo	matriz B' , ángulos, inyecciones y flujos por línea

Es la misma aplicación que `Flujo de Potencia.tns` de TI-Nspire, reescrita en PPL con interfaz propia: barra de título, tablas editables, visor de resultados desplazable y soporte táctil.

¿Tienes una TI-Nspire? El mismo programa, con los mismos cinco métodos, está disponible para esa calculadora en github.com/SCLDarkKnight/Newton-Raphson-Gauss-Seidel-TI

This document is also available in [English](#).

Hecho con amor por **Bernhardt Gotschlich** · [linkedin.com/in/bernhardt-gotschlich](https://www.linkedin.com/in/bernhardt-gotschlich)

1. Instalación

Requisitos: HP Prime (G1 o G2), física o el emulador de escritorio, con firmware reciente. No necesita el intérprete de Python de la calculadora: todo está escrito en PPL.

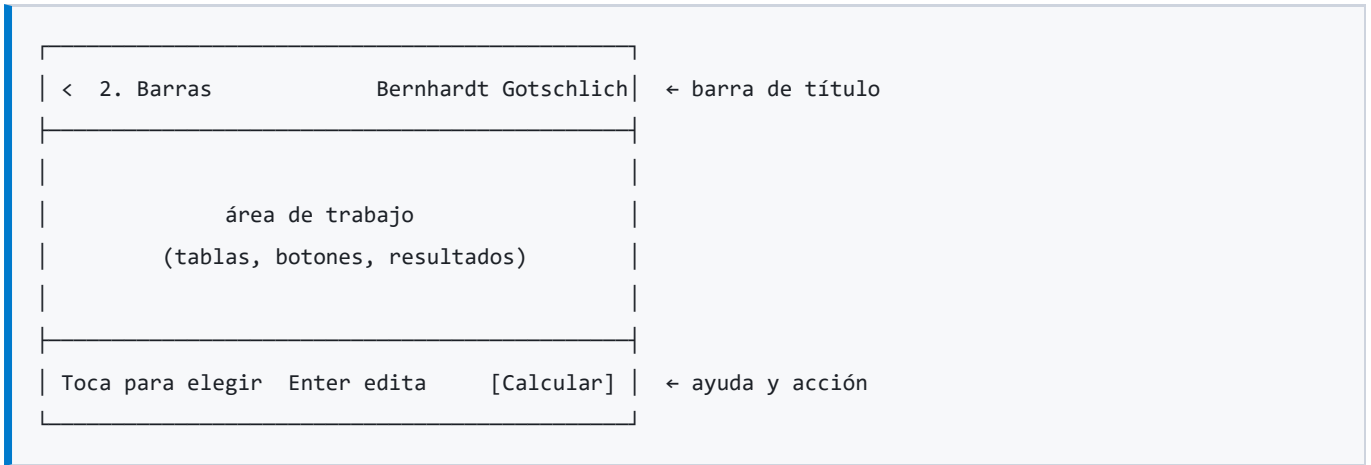
1. Conecta la calculadora y abre el **HP Connectivity Kit**.
2. Arrastra `Flujo de Potencia.hpprgm` al nodo **Programas** de tu calculadora en el panel izquierdo.
3. En la calculadora, abre el **Catálogo de programas** con **Shift + 1 (Program)**, elige `Flujo de Potencia` y pulsa **Ejecutar**.

También puedes lanzarlo desde la pantalla de inicio escribiendo `FLUJO()` y **Enter**, o desde **Toolbox ▶ Usuario ▶ Flujo de Potencia ▶ FLUJO**.

Para salir del programa, pulsa **Esc** desde la pantalla de Inicio. Si la calculadora se queda pegada, mantén **On** presionado unos segundos.

2. La pantalla

La pantalla de la HP Prime es de 320 × 240. El programa la usa así:



El **botón** **<** **azul** de arriba a la izquierda siempre vuelve a la pantalla anterior, incluso a media edición de una celda. Aparece en todas las pantallas menos en Inicio.

El **botón** **Calcular** azul de abajo a la derecha aparece en las pantallas de datos (Sistema, Barras, Líneas y Matriz Y) y ejecuta el método elegido.

3. Controles

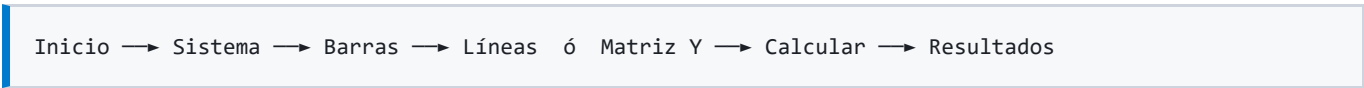
Tecla	Acción
flechas	mover el cursor por la tabla / desplazar los resultados
Enter	editar la celda, activar el botón, cambiar el tipo de barra
<i>escribir un número</i>	empieza a editar la celda directamente
Esc	cancelar la edición, volver atrás, o salir desde Inicio
⌫ (borrar)	editando, borra el último dígito
(-) (cambio de signo)	escribe el signo menos
Menu	calcula con el método elegido, desde cualquier pantalla de datos o de resultados
+	en Líneas, agrega una fila
-	en Líneas, borra la fila del cursor

La pantalla es **táctil** en todas partes: toca botones, celdas, el botón **<** y el botón **Calcular**. En la pantalla de resultados, toca la mitad superior para subir siete líneas y la inferior para bajar siete.

El toque **solo sitúa el cursor** sobre las celdas de las tablas. Para cambiar un valor, pulsa **Enter** o empieza a escribir el número.

En la pantalla **Líneas**, la tecla **-** borra la fila. Si necesitas escribir un valor negativo ahí (una reactancia de compensación serie, por ejemplo), usa la tecla **(-)** de cambio de signo, no el menos del teclado.

4. Flujo de trabajo



- 1. **Inicio** — elige el método (o carga el ejemplo de 3 barras).
- 2. **Sistema** — número de barras, cómo ingresarás la red, método e iteraciones.
- 3. **Barras** — tipo de cada barra y sus datos eléctricos.
- 4. **Líneas** o **Matriz Y** — la topología de la red.
- 5. **Calcular** — salta a Resultados.

Puedes ir y volver por las pantallas con `<` o con **Esc** sin perder nada: los datos quedan guardados mientras el programa esté abierto. Cambiar de método **no borra** los datos, así que puedes resolver el mismo sistema con los cinco métodos y comparar.

5. Convenciones (léelo antes de ingresar datos)

Cosa	Convención
Unidades	todo en por unidad (pu) y en base común . El programa no maneja MVA ni kV
Signo de P y Q	es potencia inyectada : generación positiva , carga negativa . Una carga de 50 MW en base 100 MVA se ingresa como <code>P = -0.5</code>
Ángulos	siempre en radianes (el flujo DC además los muestra en grados)
Shunt Bsh	se ingresa el total de la línea; el programa pone la mitad en cada extremo (modelo π)
Matriz Y	simétrica: ingresas solo el triángulo superior y se completa sola
Barra slack	debe haber exactamente una . Al marcar una barra como SL, la que era slack pasa a PQ automáticamente
Decimales	se muestran 4; el cálculo interno va en la precisión completa de la calculadora

6. Datos de barras

Pantalla **Barras**. Una fila por barra, siete columnas:

Columna	Qué es
#	número de barra (no editable)
Tipo	SL (slack), PV o PQ — con Enter va rotando
P	potencia activa programada (pu)
Q	potencia reactiva programada (pu)
V esp	voltaje al que está regulada la barra (pu) — solo SL y PV
V0	estimación inicial del voltaje (pu) — solo PQ
ang0	ángulo inicial (rad)

Las celdas que **no aplican** al tipo de barra se muestran como - y no se dejan editar. Qué pide cada tipo:

Tipo	Se ingresa	El programa calcula
SL (slack)	V esp , ang0	P y Q
PV	P , V esp , ang0	Q y el ángulo
PQ	P , Q , V0 , ang0	V y el ángulo

Las dos columnas de voltaje no se pisan, porque cubren casos distintos:

- En **slack y PV** el módulo de voltaje es un **dato**: lo fija |V|esp y no cambia durante el cálculo. Ahí V0 no aplica y aparece como -.
- En **PQ** el módulo es la **incógnita**: V0 es solo el punto de partida. Da igual de dónde arranques, se converge al mismo resultado.

Los cinco métodos leen |V|esp igual, así que el mismo sistema entrega el mismo resultado con cualquiera de ellos.

7. Ingreso de la red

En **Sistema** eliges entre los dos modos con las flechas ◀ ▶.

Modo Líneas (recomendado)

Pantalla **Líneas**. Una fila por línea:

Columna	Qué es
De / A	barras que une (1..n)
Dato	Z si vas a dar impedancia, Y si vas a dar admitancia — con Enter alterna
R/G	R si el dato es Z ; G si el dato es Y
X/B	X si el dato es Z ; B si el dato es Y
Bsh	susceptancia shunt total de la línea (0 si no tiene)

Las filas se agregan con + y se borran con -. Cada línea nueva entra con valores de arranque 1 → 2 , Z , R = 0.02 , X = 0.06 , Bsh = 0 .

- Si defines **dos líneas entre las mismas barras**, se fusionan solas: se suman las admitancias serie y los Bsh .
- Una línea con Z = 0 , o con ambos extremos en la misma barra, se ignora.
- Es el único modo que permite reportar **pérdidas por línea**.

Modo Matriz Y

Pantalla **Matriz Y**. Una fila por elemento del **triángulo superior** ($i \leq j$), con columnas i , j , G y B . Los elementos bajo la diagonal se copian solos por simetría, así que no aparecen en la tabla.

En este modo **no hay reporte de pérdidas por línea** ni flujos DC por línea: sin datos de línea no hay forma de calcularlos. El programa te lo avisa en los resultados. El flujo DC sí funciona: arma su B' con la parte

imaginaria de la Y fuera de la diagonal.

8. Qué método usar

Método	Iteraciones típicas	Fuerte en	Ojo con
Gauss-Seidel	5–15	simple, robusto desde arranques malos	converge lento en redes grandes
Newton-Raphson	2–4	converge rapidísimo, da el Jacobiano completo	más sensible al arranque
Desacoplado	3–6	mitad del sistema por resolver, casi igual de rápido	ídem
Desacoplado rápido	4–10	B' y B'' se arman una sola vez	supone $R \ll X$
Flujo DC	—	instantáneo, lineal, sin convergencia	no da voltajes ni reactivos

Convergencia medida sobre el ejemplo de 3 barras — error máximo en $|V|$ y ángulo respecto de la solución convergida:

Método	1 iter.	2 iter.	3 iter.	5 iter.	Iteraciones para 4 decimales
Gauss-Seidel	0.0115	0.0022	0.0004	0.0000	5
Newton-Raphson	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000	2
Desacoplado	0.0087	0.0013	0.0001	0.0000	4
Desacoplado rápido	0.0089	0.0012	0.0002	0.0000	4

El programa **no tiene tolerancia de corte**: ejecuta exactamente el número de iteraciones que le pidas, y las reporta todas. Si quieres ver cómo evoluciona, pide varias y revisa iteración por iteración; si solo quieres el resultado, pide de sobra.

Las iteraciones se numeran desde cero en el informe: con `Iteraciones = 5` verás los bloques `k = 0` a `k = 4`.

9. Casos paso a paso

Todos usan el mismo sistema, el que carga **Inicio ▶ Cargar ejemplo de 3 barras**:

Barras

#	Tipo	P	Q	$ V _{\text{esp}}$	V_0	ang_0
1	SL	—	—	1.05	—	0
2	PQ	−0.5	−0.2	—	1.00	0
3	PV	0.4	—	1.02	—	0

Líneas

De	A	Dato	R	X	Bsh
1	2	Z	0.02	0.06	0.06
1	3	Z	0.08	0.24	0.05
2	3	Z	0.06	0.18	0.04

Barra 2 es una carga de 0.5 pu activa y 0.2 pu reactiva; barra 3 genera 0.4 pu manteniendo 1.02 pu de voltaje.

La matriz de admitancia que resulta, y que encabeza todos los informes:

```
1: 6.2500-18.6950i -5.0000+15.0000i -1.2500+3.7500i
2: -5.0000+15.0000i 6.6667-19.9500i -1.6667+5.0000i
3: -1.2500+3.7500i -1.6667+5.0000i 2.9167-8.7050i
```

Caso 1 — Sistema con líneas, Gauss-Seidel

1. **Inicio** ▶ **Gauss-Seidel**.
2. **Sistema**: N de barras = **3** (con ◀ ▶), Ingreso de red = **Líneas**, Iteraciones = **5**. Baja a **Datos de barras** y pulsa **Enter**.
3. **Barras**: en la fila 1, columna **Tipo**, pulsa **Enter** hasta que diga **SL**. Muévete con ▶ hasta **|V|esp** y escribe **1.05**, **Enter**.
 - Fila 2: **Tipo** = **PQ**, **P** = **-0.5**, **Q** = **-0.2**, **V0** = **1**.
 - Fila 3: **Tipo** = **PV**, **P** = **0.4**, **|V|esp** = **1.02**.
4. Vuelve con < y entra a **Datos de red**.
5. **Líneas**: pulsa + tres veces y llena la tabla de arriba. En **Dato** deja **Z**; en **R/G** va la **R** y en **X/B** la **X**.
6. Pulsa **Calcular** (el botón del pie, o la tecla **Menu**).

Resultado esperado en el bloque **k = 4**, el último de las cinco iteraciones:

Bar	V	ang (rad)	Pcalc	Qcalc
1	1.0500	0.0000	0.1116	0.4164
2	1.0284	-0.0082	-0.5003	-0.1999
3	1.0200	0.0438	0.4000	-0.3430

Pérdidas por línea: (1-2) **0.0027-0.0567i**, (1-3) **0.0037-0.0425i**, (2-3) **0.0049-0.0274i**. **Total red:** **0.0112 - 0.1266i**.

Lecturas: las barras PQ y PV reproducen casi exactamente su potencia programada — el pequeño resto (**-0.5003** en vez de **-0.5000**) es lo que aún falta por converger, y desaparece con una iteración más. La slack aporta **0.1112** pu ya convergida, que son los **0.1** del balance más las pérdidas activas. La parte imaginaria negativa de las pérdidas significa que la red **inyecta** reactivos netos, por los shunts capacitivos de las líneas.

Caso 2 — El mismo sistema con Newton-Raphson

Desde los resultados, pulsa < hasta **Sistema**, cambia Método a **Newton-Raphson** con ◀▶ e Iteraciones a **3**, y pulsa **Calcular**.

No hace falta reingresar nada. Converge a **la misma solución** que el Caso 1, en 2 iteraciones:

Bar	V	ang (rad)
1	1.0500	0.0000
2	1.0284	-0.0082
3	1.0200	0.0438

Además de voltajes y pérdidas, cada iteración reporta:

- Potencias y desbalances — P_c , Q_c , dP , dQ
- H reducida, N reducida, M reducida, L reducida
- Jacobiano reducido — el sistema completo que se resuelve
- Residuos — $d\text{-ang}$ y $d\text{-V}$, las correcciones aplicadas

En dP y dQ verás valores grandes en la fila de la slack y en dQ de las PV. Es normal: ahí no hay incógnita, y esos desbalances no forman parte del sistema que se resuelve. Fíjate en dP de las no-slack y en dQ de las PQ: esos sí deben tender a cero.

Caso 3 — Desacoplado y Desacoplado rápido

Igual que el Caso 2, cambiando solo Método. Con **4 iteraciones** ambos llegan a la misma solución.

- **Desacoplado** resuelve $\Delta P = H \cdot \Delta \delta$ y $\Delta Q = L \cdot (\Delta V/V)$ con H y L exactas, recalculadas en cada iteración. El residuo de voltaje sale etiquetado $d\text{-V}/V$ porque la incógnita es la normalizada.
- **Desacoplado rápido** usa B' y B'' constantes, armadas una sola vez con la parte imaginaria de Y , y resuelve $\Delta P/V$ y $\Delta Q/V$. En el informe salen como B_p reducida y B_{pp} reducida.

Compara los bloques entre iteraciones: en el Desacoplado H y L cambian, en el rápido B' y B'' son siempre las mismas.

Caso 4 — Flujo DC

Sistema ▶ Método = **Flujo DC** ▶ **Calcular**. El campo Iteraciones se ignora: es un método directo.

Resultado esperado. Matriz B' de continua:

20.8333	-16.6667	-4.1667
-16.6667	22.2222	-5.5556
-4.1667	-5.5556	9.7222

Bar	ang (rad)	ang (deg)	P (pu)	tipo
1	0.0000	0.0000	0.1000	SL
2	-0.0143	-0.8165	-0.5000	PQ
3	0.0330	1.8908	0.4000	PV

Flujos por línea:

Línea	X	P _{ab}	P _{ba}
(1-2)	0.0600	0.2375	-0.2375
(1-3)	0.2400	-0.1375	0.1375
(2-3)	0.1800	-0.2625	0.2625

Lecturas:

- $|V| = 1.0000$ en todas las barras — es hipótesis del modelo, no resultado.
- La slack aporta 0.1000 pu, **exactamente** lo que falta para el balance ($0.5 - 0.4$). El modelo DC no tiene pérdidas, por eso $P_{ba} = -P_{ab}$.
- Compara con el Caso 1: en AC la slack aportaba 0.1112 . La diferencia, 0.0112 , son justo las pérdidas activas de la red. El flujo DC te da el reparto de potencia activa, no las pérdidas.
- Las resistencias y el shunt B_{sh} **no participan** en el flujo DC.

Caso 5 — Ingresar la matriz Y directamente

Si el enunciado ya te da la Y y no las impedancias:

1. **Sistema** ▶ Ingreso de red = **Matriz Y** ▶ Datos de red.
2. **Matriz Y**: la tabla ya trae una fila por cada par $i \leq j$. Llena G y B de cada una. Los elementos bajo la diagonal se completan solos.
3. **Calcular**.

Los cinco métodos funcionan igual, pero **no habrá pérdidas por línea ni flujos DC por línea**: el programa avisa "No disponibles: matriz Y directa".

Caso 6 — Líneas en paralelo y shunts

Para dos circuitos en paralelo entre las barras 1 y 2, agrega **dos filas** con $De = 1$, $A = 2$ y los datos de cada uno. El programa suma sus admitancias serie y sus B_{sh} antes de armar Y , y en los resultados aparecen como una sola línea equivalente (1-2).

Sobre el shunt: B_{sh} es el **total** de la línea. Si el enunciado te da $B/2 = 0.03$ por extremo, ingresa 0.06 . Comprobación rápida en la matriz Y que encabeza los resultados: el shunt aparece sumado en la diagonal, mitad en $Y(1,1)$ y mitad en $Y(2,2)$.

Caso 7 — Cambiar un dato y recalcular

Cualquier dato se puede cambiar y volver a calcular sin rehacer el resto:

- **Cambiar el tipo de una barra:** en **Barras**, columna **Tipo**, **Enter** rota **SL** → **PV** → **PQ**. Al marcar una barra como **SL**, la que era slack pasa a **PQ** sola. Revisa después las columnas que se habilitan o deshabilitan.
- **Cambiar el número de barras:** en **Sistema**, con ◀ ▶. Los datos que ya tenías se conservan; las barras nuevas entran como PQ con $V_0 = 1$. Si reduces el número, las líneas que apuntaban a barras que ya no existen se reajustan a la última barra válida: revísalas.
- **Borrar una línea:** en **Líneas**, pon el cursor en su fila y pulsa **-**.
- **Comparar métodos:** cambia solo **Método** en **Sistema** y pulsa **Calcular**. Desde la propia pantalla de resultados, la tecla **Menu** recalcula.

10. Cómo leer los resultados

La pantalla de Resultados es un informe desplazable de 15 líneas visibles. Muévete con ▲ ▼, o tocando la mitad superior o inferior de la pantalla para saltar siete líneas. Si una línea es más ancha que la pantalla, desplázala con ◀ ▶: el informe se corre 24 píxeles por pulsación.

Bloques comunes:

Bloque	Qué es
Matriz de admitancia Y	la Y que se usó, en $G+jB$
Voltajes / Estado actualizado	$ V $, ángulo y forma rectangular
Potencias calculadas	P y Q que resultan del estado actual
Perdidas en líneas	S_{ab} , S_{ba} y S_{loss} de cada línea, más el total

Propios de Gauss-Seidel:

Bloque	Qué es
P y Q usadas para actualizar V	los valores que entran en la fórmula de V en esa iteración. En las PQ son los programados; en las PV, Q es la que se recalcula; en la slack, lo que resulta de la red

Propios de la familia Newton:

Bloque	Qué es
Potencias y desbalances	P_c , Q_c , dP , dQ
H N M L reducidas	submatrices del Jacobiano, sin la slack (y sin las PV donde corresponde)
B_p / B_{pp} reducidas	en el Desacoplado rápido, las constantes que reemplazan a H y L
Jacobiano reducido	solo en NR completo: el sistema que se resuelve
Residuos	$d\text{-ang}$ y $d\text{-V}$ (o $d\text{-V/V}$ en el Desacoplado): las correcciones aplicadas

Propios del flujo DC:

Bloque	Qué es
Matriz B_p de continua	armada con $1/X$ de cada línea
Sistema reducido	B' sin la fila y columna de la slack, y el vector P
Resultado	ángulos en rad y grados, inyecciones y tipo de barra
Flujos por línea	X , P_{ab} y P_{ba} de cada línea

11. Avisos y errores

Mensaje	Qué significa
Error: no se definio barra slack.	ninguna barra es SL. Ve a Barras y marca una
Aviso: $Y(i,i)$ casi nulo.	esa barra quedó aislada o sin conexión útil; revisa las líneas
No disponibles: matriz Y directa.	las pérdidas por línea necesitan datos de línea
Sin lineas para reportar.	estás en modo Líneas pero no agregaste ninguna
Línea (a-b) con $X=0$: se omite.	el flujo DC necesita reactancia; una línea puramente resistiva no aporta

Si el resultado sale raro, revisa en este orden:

1. ¿Los signos de P y Q ? Las cargas van **negativas**.
2. ¿Las barras SL y PV tienen su $|V|_{esp}$? Es el voltaje al que quedan fijas.
3. ¿El B_{sh} es el total y no la mitad?
4. ¿Hay exactamente una barra slack?
5. ¿Suficientes iteraciones? Compara con la tabla de la sección 8.
6. ¿La red está conectada? Una barra sin líneas no tiene solución.

12. Límites

Barras	1 a 20
Iteraciones	1 a 50
Líneas	sin límite fijo
Líneas de informe	3000 (lo que exceda no se guarda)
Precisión mostrada	4 decimales

Un caso grande con muchas iteraciones tarda: la HP Prime resuelve el sistema lineal en PPL interpretado. Si el informe se corta, baja el número de iteraciones.

13. Qué hay en este repositorio

Archivo	Qué es
Flujo de Potencia.hpprgm	el programa. Es texto PPL: puedes abrirlo con cualquier editor
Flujo de Potencia.zip	el mismo archivo, comprimido para transferirlo
FLUJO_HP.hpappdir/	una versión anterior empaquetada como app de HP Prime, sin soporte táctil. Se conserva como referencia
PRUEBA_HP.hpprgm	programa de diagnóstico: ejercita una vez cada construcción de PPL que usa el programa principal, y muestra los códigos de tecla y de toque. Útil si tu firmware se comporta distinto
README.md / README.pdf	este documento
README.en.md / README.en.pdf	este mismo documento en inglés
herramientas/generar_pdf.ps1	genera los PDF a partir de los .md (sección 15)

La versión para **TI-Nspire** vive en su propio repositorio: github.com/SCLDarkKnight/Newton-Raphson-Gauss-Seidel-TI

14. Modificar el programa

El código fuente **es** el `.hpprgm`: texto plano, editable y con comentarios. Edítalo, guárdalo y vuelve a enviarlo con el Connectivity Kit.

Tres cosas de PPL que conviene saber antes de tocarlo, y que están anotadas también al inicio del archivo:

- **Nunca uses `i` como variable**: en PPL es la unidad imaginaria. Los índices del programa son `ib`, `jb`, `kb`, `ia`, `ja`, `ka`.
- **Una sentencia `LOCAL` admite 8 nombres como máximo**. Con nueve o más la calculadora da *error de sintaxis* en esa línea. Por eso las declaraciones van en grupos de seis: si agregas variables, abre una línea `LOCAL` nueva en vez de alargar una existente.
- **Las subrutinas se declaran adelantadas** al principio del archivo. Sin esa declaración, una llamada se interpreta como variable global.

Los códigos de tecla usados están listados en la cabecera del archivo (`Esc = 4`, `Enter = 30`, flechas `2 / 12 / 7 / 8` ...). Si en tu firmware alguna tecla no responde, ejecuta `PRUEBA_HP` para ver qué código emite y corrígelo donde aparezca.

El aspecto completo se cambia desde un solo lugar: la paleta comentada arriba de la sección de dibujo.

16. Licencia

Distribuido bajo **GNU General Public License v3.0 (GPLv3)**. Puedes usarlo, estudiarlo, modificarlo y redistribuirlo, siempre que cualquier trabajo derivado mantenga la misma licencia.

Tu deber es pasarle este programa a todas las personas a las que les sirva.