



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD  
Y AGENDA URBANA

VICEPRESIDENCIA  
CUARTA DEL GOBIERNO

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

**CEDEX**  
CENTRO DE ESTUDIOS  
Y EXPERIMENTACIÓN  
DE OBRAS PÚBLICAS

**NOTA, 16 NOV 2020**

## **INCORPORACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PLANES HIDROLÓGICOS DEL TERCER CICLO CUENCAS DE ANDALUCÍA**

### **1. Introducción**

En el año 2017, el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX (CEH) presenta el informe de impacto del CC en variables hidrológicas para el conjunto de España.

El resultado principal lo constituían unos porcentajes de cambio en las variables hidrológicas del periodo de control 1961-2000 para 3 periodos de impacto de 30 años: 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100, estimados según 12 proyecciones climáticas, 6 para el escenario de emisiones RCP4.5 y otras tantas para el RCP8.5. Esos resultados se calcularon para cada celda de 1 km<sup>2</sup> de España y para cada uno de los 12 meses. La variable aportación hídrica se obtuvo en cada celda de 0,5 km de lado. La elección de las proyecciones fue consensuada por AEMET, OECC y CEDEX según análisis previos.

Se desarrolló una aplicación gratuita en entorno QGIS, denominada CAMREC, para que cualquier usuario pudiera obtener los porcentajes de cambio mensual, estacional o anual, en la zona o el punto de la red hidrográfica que quisiera.

Además, en el informe se dieron tablas agrupando los resultados por demarcación hidrográfica y para el conjunto de España.

El informe y la aplicación CAMREC se pueden consultar en y descargar en:

[https://ceh.cedex.es/web\\_ceh\\_2018/Evimpacambclim2017.htm](https://ceh.cedex.es/web_ceh_2018/Evimpacambclim2017.htm)

La Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) (MARM 2008) establece que en el análisis del horizonte temporal a largo plazo, correspondiente en los próximos planes al año 2039, debe de tenerse en cuenta el posible efecto del cambio climático sobre los recursos hídricos naturales de la Demarcación Hidrográfica.

Por encargo de la Dirección General del Agua (DGA), el 16 de octubre de 2020 se elabora una nota en la que se presentan unos porcentajes de cambio para el horizonte 2039 desagregados por estaciones climáticas (trimestres) y en unidades territoriales para las demarcaciones hidrográficas intercomunitarias<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Además, en esa nota se daban los porcentajes de cambio de la aportación hídrica para el horizonte 2039 en cada trimestre y según los escenarios de emisiones RCP 4.5 y RCP 8.5 en la red fluvial de toda España.

CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS

PASEO BAJO DE LA VIRGEN DEL  
PUERTO, 3

28005 MADRID

TEL.: 91 335 79 00

FAX: 91 335 79 22



ACREDITADO POR ENAC

ES09/6695



CEDEX

El 29 de octubre la DGA reenvía al CEH un email de la Junta de Andalucía en la que se solicita se realice el mismo proceso para calcular los porcentajes de cambio en una serie de unidades territoriales reflejadas en unas capas GIS anexas:

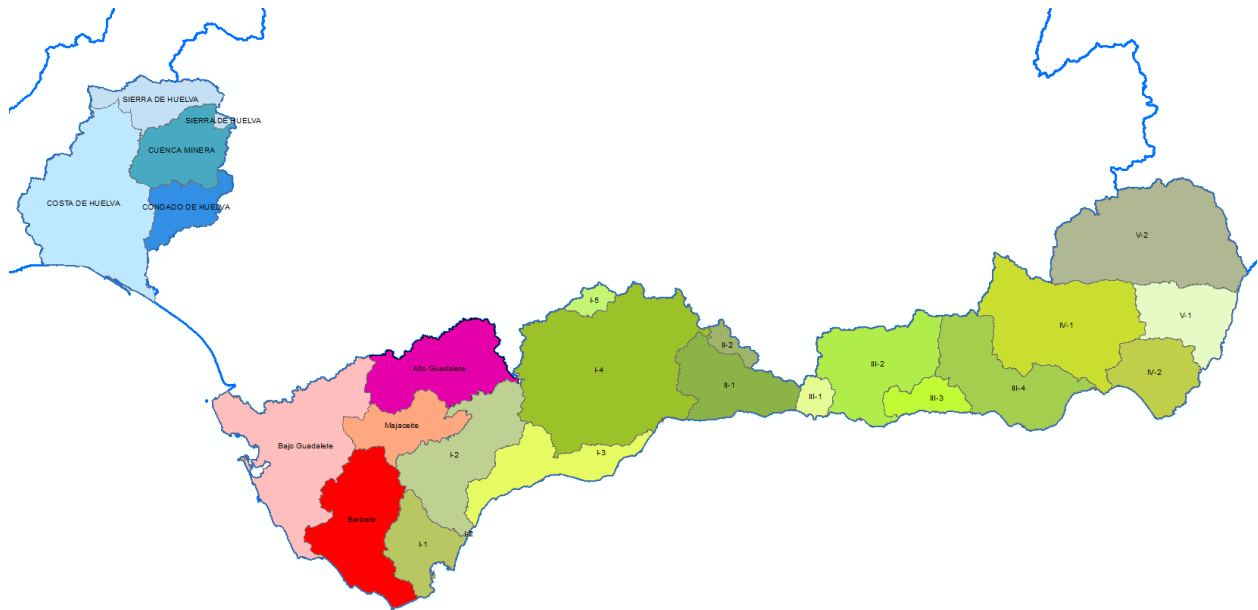
- Subsistemas\_CMA\_PH2021
- Zonific\_GB
- Zonific\_TOP

Si bien estos valores pueden calcularse a través de la aplicación CAMREC, el presente trabajo pretende facilitar esa labor y homogeneizar en lo posible los criterios para la incorporación de los resultados de impacto del cambio climático en los planes hidrológicos de cuenca 2021-2027, siguiendo en todo caso lo indicado en la IPH.

La metodología y aplicación de los porcentajes se indican con más detalles en la nota del 16 de octubre de 2020 entregada por el CEH a la DGA, por lo que esta presente nota debe considerarse un apéndice de la primera.

## 2. Cálculo de los porcentajes de cambio en la escorrentía trimestral.

Las capas de zonas proporcionadas por la Junta de Andalucía, correspondientes a las 3 demarcaciones hidrográficas de su competencia, se muestran en la figura siguiente.



La capa *Zonific\_TOP* corresponde a la Demarcación Tinto, Odiel y Piedras. Tiene 4 polígonos correspondientes a 4 unidades (subsistemas). Se representan con colores azules en el mapa anterior y tiene la información siguiente:

| Zonific_TOP |            |            |                   |            |               |             |                   |                       |  |
|-------------|------------|------------|-------------------|------------|---------------|-------------|-------------------|-----------------------|--|
| FID         | Shape *    | SISTEMAS 1 | SISTEMA           | COD SISTEM | Shape Leng    | Shape Area  | SISTEMA2          | SISTEMA3              |  |
| 0           | Polígono M | 58         | COSTA DE HUELVA   | 2103       | 331030,004431 | 2571,372323 | CHANZA-PIEDRAS    | COSTA HUELVA-ANDÉVALO |  |
| 1           | Polígono M | 72         | CUENCA MINERA     | 2104       | 183864,563823 | 941,256939  | CUENCA MINERA     | CUENCA MINERA         |  |
| 2           | Polígono M | 88         | SIERRA DE HUELVA  | 2106       | 403144,876139 | 675,010313  | SIERRA DE HUELVA  | SIERRA DE HUELVA      |  |
| 3           | Polígono M | 61         | CONDADO DE HUELVA | 2102       | 285304,471536 | 562,45608   | CONDADO DE HUELVA | CONDADO DE HUELVA     |  |



CEDEX

La capa *Zonific\_GB* corresponde a la Demarcación Guadalete y Barbate. Tiene 4 polígonos correspondientes a 4 unidades (subsistemas). Se representan con colores rojizos en el mapa anterior y tiene la información siguiente:

| Zonific_GB |          |       |            |                |           |            |            |          |          |           |            |           |           |        |            |            |
|------------|----------|-------|------------|----------------|-----------|------------|------------|----------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|--------|------------|------------|
| FID        | Shape    | FID 1 | FID LIM CU | NOMBRE         | AREA km2  | PERIMET km | FID LIM SU | NOMBRE 1 | AREA     | PERIMETER | COD CUENCA | FID LIM 1 | NOMBRE 12 | AREA 1 | PERIMETE 1 | COD CUEN 1 |
| 0          | Poligono | 0     | 0          | Alto Guadalete | 5947,5935 | 674,3053   | -1         |          | 0        | 0         | 0          | -1        |           | 0      | 0          | 0          |
| 1          | Poligono | 0     | 0          | Bajo Guadalete | 0         | 0          |            |          | 2286,365 | 441,627   | 62         | 0         |           | 0      | 0          | 0          |
| 2          | Poligono | 0     | 0          | Majaceite      | 5947,5935 | 674,3053   | 0          |          | 0        | 0         | 0          | 0         |           | 0      | 0          | 0          |
| 3          | Poligono | 0     | 0          | Barbate        | 5947,5935 | 674,3053   | 0          |          | 0        | 0         | 0          | 0         |           | 0      | 0          | 0          |

La capa *Subsistemas\_CMA\_PH2021* corresponde a la Demarcación Cuencas Mediterráneas Andaluzas. Tiene 17 polígonos correspondientes a 15 unidades (subsistemas). Se representan con colores verdes en el mapa anterior y tiene la información siguiente:

| Subsistemas_CMA_PH2021 |          |            |               |
|------------------------|----------|------------|---------------|
| FID                    | Shape    | SUBSISTEMA | Area          |
| 0                      | Poligono | I-1        | 726088297,02  |
| 1                      | Poligono | I-4        | 3501860713,13 |
| 2                      | Poligono | I-5        | 149399235,866 |
| 3                      | Poligono | II-1       | 1026126975,15 |
| 4                      | Poligono | II-2       | 150824150,79  |
| 5                      | Poligono | III-1      | 191278395,912 |
| 6                      | Poligono | III-2      | 1447055228,69 |
| 7                      | Poligono | III-3      | 376941317,457 |
| 8                      | Poligono | III-4      | 1452115435,46 |
| 9                      | Poligono | IV-1       | 2197586461,48 |
| 10                     | Poligono | IV-2       | 791156308,01  |
| 11                     | Poligono | V-1        | 930471721,436 |
| 12                     | Poligono | V-2        | 2518161336,38 |
| 13                     | Poligono | I-2        | 71,780394     |
| 14                     | Poligono | I-2        | 149,233463    |
| 15                     | Poligono | I-2        | 1489519400,35 |
| 16                     | Poligono | I-3        | 995620599,669 |

Se observa que cada Demarcación tiene una información heterogénea, con diferentes campos de información.

Así, en total hay 23 unidades territoriales, con una superficie media de 1.244 km<sup>2</sup>, mínima de 151 km<sup>2</sup> (polígono II-2 en Cuencas Mediterráneas Andaluzas) y máxima de 3.502 km<sup>2</sup> (I-4 en Cuencas Mediterráneas Andaluzas).

La unidad territorial I-2 de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas está dividida en tres polígonos, dos de ellos de muy pequeña superficie (72 y 149 m<sup>2</sup>) que no se aprecian en la figura anterior.

Se han calculado los porcentajes de cambio para el horizonte 2039 en cada una de esas zonas para cada uno de los 4 trimestres (OND: oct, nov, dic; EFM: ene, feb, mar; AMJ: abr, may, jun; JAS: jul, ago, sep).

El proceso de cálculo ha consistido en los siguientes pasos:

- Las capas de las unidades territoriales se pasan a formato del SIG GRASS, tanto en vectorial como en ráster. En este proceso se han unido los tres polígonos de la unidad territorial I-2 de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA  
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO



CEDEX

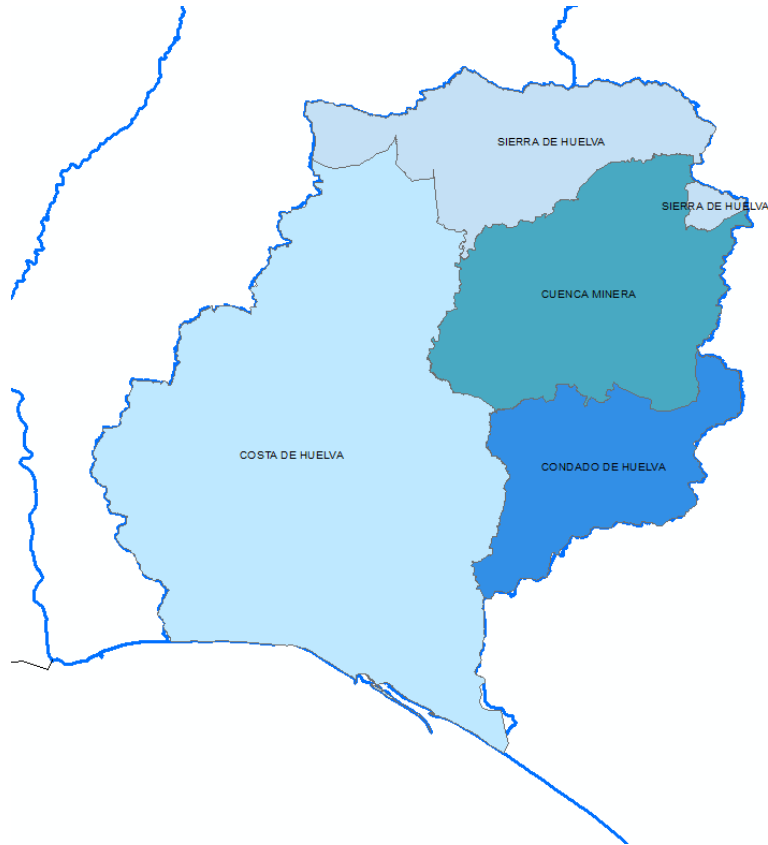
- Se codifican de manera unitaria.
- Para cada proyección: se calculan las medias de las escorrentías totales mensuales para cada trimestre del periodo de control 1961-2000 y de los dos primeros periodos de impacto 2010-2040 y 2040-2070.
- Se calcula la media de las escorrentías de esos mapas en cada unidad territorial. Este proceso se hace calculando la media de la escorrentía total (media mensual del trimestre) generada en cada celda de 1 km x 1 km que está en la unidad territorial.
- La escorrentía media de cada unidad se exporta a formato ascii para tratarlo con R stats y posteriormente con Excel.
- Se obtiene la escorrentía para el horizonte 2039/40 promediando los valores para los dos periodos de impacto 2010-40 y 2040-2070.
- Se calculan los porcentajes de cambio respecto el periodo de control.
- Se calculan las medias de dichos porcentajes obtenidos para las 6 proyecciones.
- De ese modo, se obtienen los porcentajes de cambio de la escorrentía generada en cada unidad territorial para cada trimestre y cada escenario de emisiones (RCP4.5 y RCP8.5).

**Resultado final:** se dan las medias de los porcentajes de cambio de la escorrentía generada en cada unidad territorial para el horizonte 2039 en cada trimestre y según los escenarios de emisiones RCP 4.5 y RCP 8.5. De esa manera, hay 8 valores para cada unidad territorial: 4 trimestres y 2 RCPs.

Los resultados en forma de porcentajes se muestran en tablas que acompañan a las siguientes figuras. Hay que tener en cuenta que algunos porcentajes pueden ser muy altos como consecuencia de que el cambio se ha calculado sobre escorrentías del periodo de control muy bajas (por ejemplo, inferiores a 1 mm/mes), por lo que, aunque los cambios en % sean muy acusados, los cambios en valores absolutos son MUY PEQUEÑOS (cerca de 0 mm/mes). Esos porcentajes están en **negrita y cursiva** en las tablas siguientes y se corresponden básicamente a cambios en los meses de verano o en zonas con escasa escorrentía de las zonas orientales de la provincia de Almería.

CAMREC da los mapas de escorrentía generada en cada celda con valores enteros. En este estudio se ha trabajado con decimales, por lo que los resultados pueden salir ligeramente diferentes.

### Tinto, Odiel y Piedras

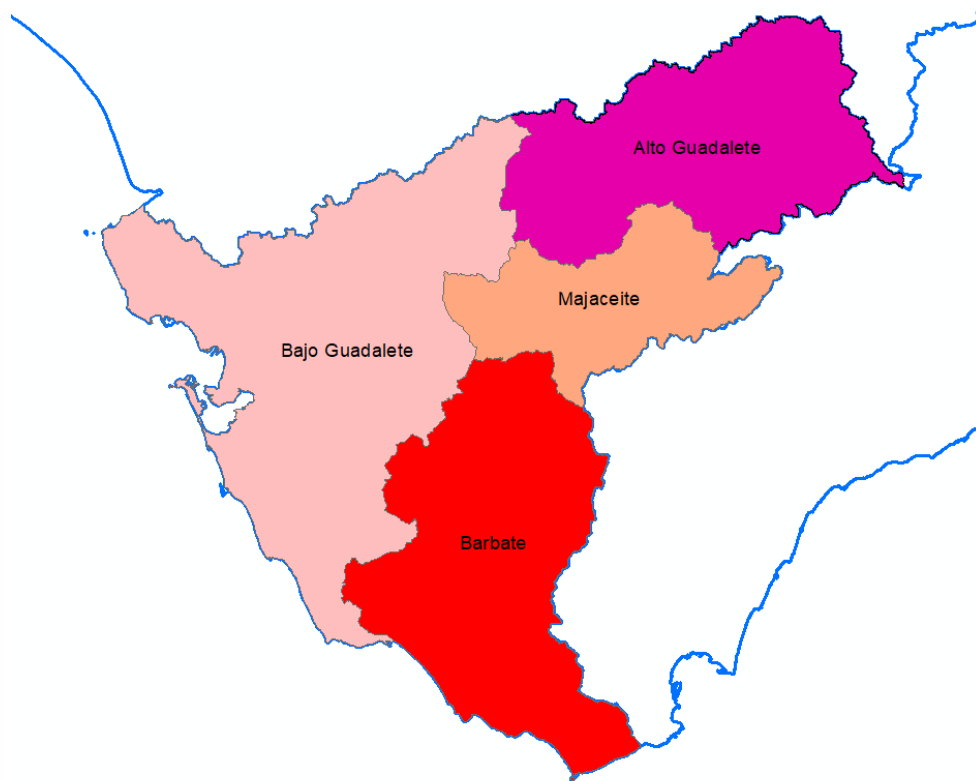


| Zonas                | RCP4.5 |     |     |            | RCP8.5 |     |     |            |
|----------------------|--------|-----|-----|------------|--------|-----|-----|------------|
|                      | OND    | EFM | AMJ | JAS        | OND    | EFM | AMJ | JAS        |
| 61 CONDADO DE HUELVA | -18    | 5   | -12 | <b>-20</b> | -26    | -5  | -29 | <b>-26</b> |
| 58 COSTA DE HUELVA   | -16    | 7   | -3  | <b>-5</b>  | -26    | -6  | -25 | <b>-21</b> |
| 72 CUENCA MINERA     | -17    | 2   | -15 | <b>-20</b> | -24    | -6  | -29 | <b>-15</b> |
| 88 SIERRA DE HUELVA  | -17    | 0   | -15 | <b>-32</b> | -23    | -6  | -28 | <b>-37</b> |



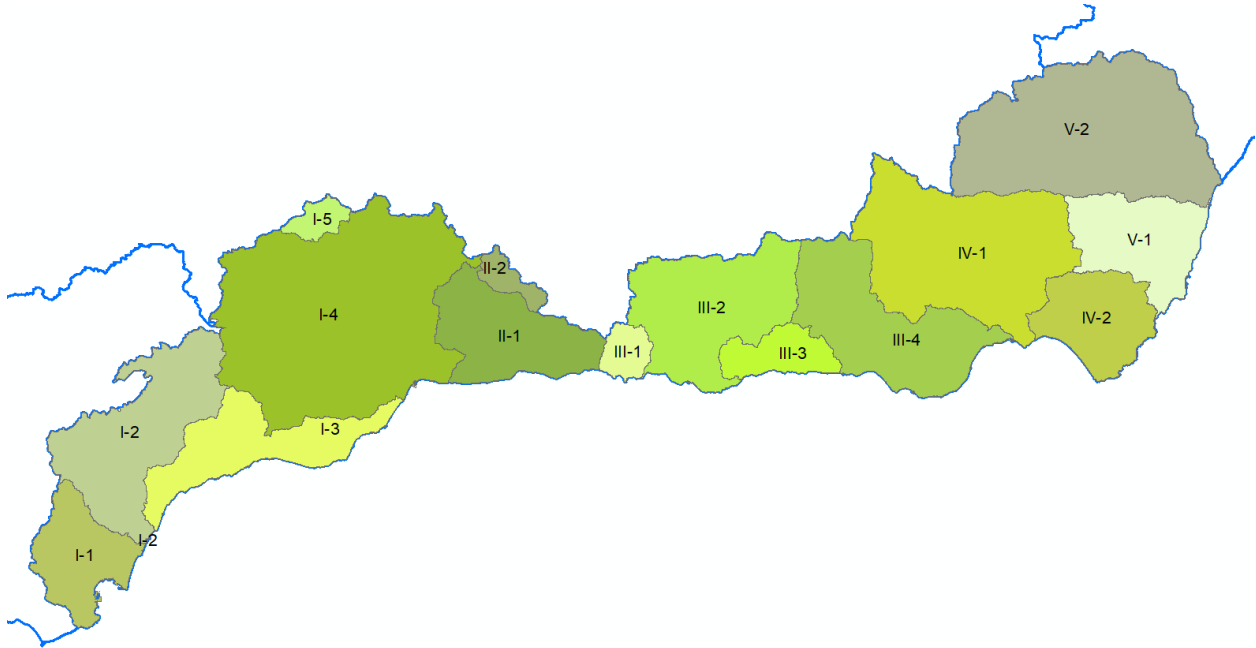
CEDEX

## Guadalete y Barbate



| Zonas          | RCP4.5 |     |     |     | RCP8.5 |     |     |     |
|----------------|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|
|                | OND    | EFM | AMJ | JAS | OND    | EFM | AMJ | JAS |
| Alto Guadalete | -15    | 2   | -12 | -16 | -22    | -4  | -22 | -23 |
| Bajo Guadalete | -15    | 8   | -3  | -6  | -25    | -6  | -19 | -18 |
| Majaceite      | -14    | 3   | -13 | -33 | -21    | -3  | -22 | -35 |
| Barbate        | -15    | 3   | -10 | -22 | -25    | -7  | -21 | -29 |

### Cuencas Mediterráneas Andaluzas



| Zonas | RCP4.5 |     |     |     | RCP8.5 |     |     |     |
|-------|--------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|
|       | OND    | EFM | AMJ | JAS | OND    | EFM | AMJ | JAS |
| I-1   | -14    | 4   | -14 | -14 | -24    | -7  | -26 | -24 |
| I-4   | -12    | 6   | -10 | -12 | -22    | -7  | -22 | -20 |
| I-5   | -12    | 17  | 19  | 9   | -21    | 0   | -3  | -11 |
| II-1  | -12    | 7   | -9  | -14 | -23    | -7  | -19 | -21 |
| II-2  | -11    | -4  | -7  | -8  | -20    | -13 | -15 | -15 |
| III-1 | -11    | 7   | -4  | -17 | -23    | -5  | -12 | -24 |
| III-2 | -13    | 6   | -8  | -13 | -21    | -4  | -17 | -20 |
| III-3 | -13    | 15  | -10 | -12 | -22    | 3   | -19 | -22 |
| III-4 | -11    | 10  | -11 | -13 | -20    | -3  | -21 | -21 |
| IV-1  | -11    | 5   | -13 | -17 | -23    | -11 | -27 | -28 |
| IV-2  | -20    | -14 | -12 | -21 | -31    | -32 | -34 | -39 |
| V-1   | 5      | -1  | -3  | -7  | -20    | -37 | -40 | -37 |
| V-2   | 0      | -7  | -7  | -8  | -10    | -27 | -27 | -25 |
| I-2   | -13    | 3   | -13 | -19 | -21    | -4  | -22 | -25 |
| I-3   | -10    | 7   | -11 | -15 | -20    | -5  | -24 | -23 |